

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-092586

(43)Date of publication of application : 28.03.2003

(51)Int.Cl.

H04L 12/46

H04L 12/56

H04L 29/08

(21)Application number : 2001-283477

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.09.2001

(72)Inventor : KUBOTA MAKOTO  
TSURUOKA TETSUAKI

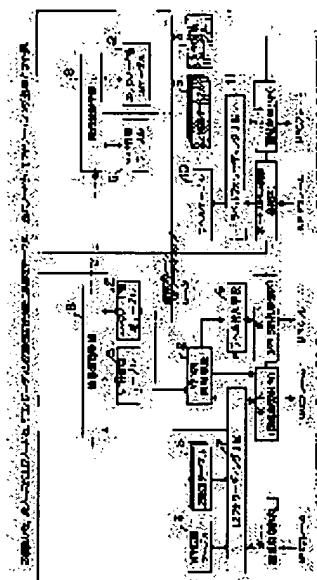
## (54) LAYER 2-VPN RELAYING SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a VPN (Virtual Private Network) for connecting sites by a layer 2 at a high speed through a network constructed by an IP and an MPLS.

**SOLUTION:** An MAC frame inputted from a port (within a line housing part) to which a local private network is connected is inputted to an L2 forwarding means 7. By referring to a VPN definition table 3 and an L2 path table 6, where to transfer the received MAC frame is judged and the MAC frame is added with a label and sent to the output of a local port and inside of an MPLS network. When a sending destination is not obtained, the MAC address of the received MAC frame and an input port to be stored in a path registering means corresponding to each other and used for a following bridge. An MAC frame whose sending destination is not obtained is broadcasted from all the ports other than a reception port.

本発明のレイヤー2-VPNリレーシステムは、ネットワークの高速化と、ネットワークの信頼性の向上を目的とする。



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-92586

(P2003-92586A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 L 12/46	1 0 0	H 0 4 L 12/46	1 0 0 B 5 K 0 3 0
12/56		12/56	H 5 K 0 3 3
29/08		13/00	3 0 7 A 5 K 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 52 頁)

(21) 出願番号 特願2001-283477 (P2001-283477)

(22) 出願日 平成13年9月18日 (2001.9.18)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 久保田 真

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 鶴岡 哲明

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100074099

弁理士 大菅 義之 (外1名)

最終頁に続く

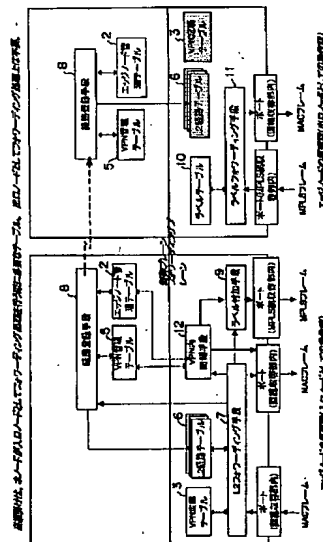
(54) 【発明の名称】 レイヤ2-VPN中継システム

(57) 【要約】

【課題】 IPやMPLSで構築した網で、高速にレイヤ2でサイト間を接続するVPNを実現する。

【解決手段】 ローカルなプライベート網が接続されるポート (回線収容部内) から入力したMACフレームは、L2フォワーディング手段7に入力される。VPN定義テーブル3やL2経路テーブル6を参照して、どこに受信したMACフレームを転送すべきかを判断し、ローカルポートへの出力や、MPLS網内にMACフレームにラベルを付加して送出する。送出先が得られない場合には、経路登録手段に、受信したMACフレームのMACアドレスと入力ポートとを対応させて記憶させ、後のブリッジに使用する。また、送出先が得られないMACフレームは受信ポート以外の全てのポートから同報する。

本発明のレイヤ2-VPN実現システム及びエッジノードの第1の実施形態の構成 (その2)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 公衆網を介して複数のレイヤ2ネットワークを接続してVPN (Virtual Private Network) を構築するシステムであって、

該第1のレイヤ2ネットワークと該第2のレイヤ2ネットワークを対応付けて、MPLSのコネクションを確立するコネクション確立手段と、該システムに接続される第1のレイヤ2ネットワークとMPLS (MultiProtocol Label Switching) コネクションとの対応を格納する格納手段と、

該第1のレイヤ2ネットワークからフレームを受け取った場合に、該格納手段から該フレームを送出すべきMPLSコネクションを取得し、該MPLSコネクションに送出する送出手段と、

該第1のレイヤ2ネットワークから受け取ったフレームに対応するMPLSコネクションが該格納手段に格納されていない場合に、該フレームを同報する同報手段と、を備えることを特徴とする中継システム。

【請求項2】 物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、前記第1のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムの回線収容部から前記第2のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムのポートに対して確立されることを特徴とする請求項1に記載の中継システム。

【請求項3】 物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、第1のVLANが収容される回線収容部から第2のVLANの収容する論理的なポートに対して確立されることを特徴とする請求項1に記載の中継システム。

【請求項4】 物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、前記第1のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムのポートから前記第2のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムのポートに対して確立されることを特徴とする請求項1に記載の中継システム。

【請求項5】 物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、フレーム受信時に識別したレイヤ2ネットワークに対応する前記格納手段の格納情報にフレーム中の送信元アドレスと受信ポートの対応を登録すると共に、該公衆網内で同一レイヤ2ネットワークに対応付けたポートを有する全エッジノードに該対応を通知し、該送信元アドレスと該受信ポート宛でのMPLSコネクションの対応を登録させることを特徴とする請求項1に記載の中継システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、公衆網を介したVPN中継システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、各地に拠点が散在する企業など

で、インターネット網経由で各地の拠点間を接続し、仮想的に一つのネットワーク (VPN: Virtual Private Network) を構築する形態が増えつつあり、これに伴い、VPN接続サービスを提供するキャリア網やプロバイダ網が増えつつある。

【0003】 VPNの接続形態としては、現状レイヤ3で拠点間を接続する場合 (以下、レイヤ3-VPN) と、レイヤ2で拠点間を接続する場合 (以下レイヤ2-VPN) の2つがある。

【0004】 レイヤ3-VPNでは、拠点間の接続をレイヤ3で行うのに対し、レイヤ2-VPNでは、拠点間の接続をレイヤ2で行う。レイヤ2-VPNは、VPN内で運用するレイヤ3プロトコルを限定することなく拠点間を接続でき、レイヤ3VPNに比べ、より柔軟な仮想ネットワークが構築できるため、今後、レイヤ2のVPNへの需要の増大、及びキャリア/プロバイダなどでの、既存のインターネット用のインフラであるIP網やMPLS網上でレイヤ2-VPNを高速に実現する技術への需要が高まることが予想される。

【0005】 以下に、レイヤ2-VPNを実現可能な既存技術を挙げる。

・L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol) : L2TPは、フレームをPPP、L2TP、UDPのヘッダによりカプセリングすることで、IP網の上でVPN構築が実現可能なプロトコルである。PPPが、各種レイヤ3フレームやMACフレームをカプセリング可能なプロトコルであることから、本プロトコルを使えば、レイヤ2-VPNの実現が可能である。

【0006】 しかし、L2TPは、シーケンス番号管理が必要である等、処理が複雑なプロトコルであり、キャリア/プロバイダなどの高速性が求められる網への適用には向かない。

・Layer2-SwitchによるVLAN構成 : VLANは、フレームをVLANのヘッダによりカプセリングし、該ヘッダ中にVLAN (Virtual LAN) を識別する識別子であるVIDを含めることで、一つのLANに区切ることが可能なプロトコルである。本プロトコルを使えば、レイヤ2-VPNの実現が可能である。

【0007】 しかし、VLANは、IPよりも下位のレイヤ上で動作するプロトコルであるため、IPの上での運用ができない。

・LANE (LAN Emulation) : LANEは、ATMの上でLANをエミュレートする技術である。しかし、LANEは、ATM上でなければ動作しないため、ATM以外で網を構築したキャリア網には適用できない。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記のいずれのプロトコルも、MPLS (MultiProtocol Label Switching) やIPで構築したキャリア網内で高速なレイヤ2のVPNの実現はできない。すなわち、L2TPは、

処理が複雑なため、高速性を欠き、VLAN（以下で説明するVLANは、IEEE802.1Qで定められたVLAN（Virtual LAN）プロトコルのことである）やLANEでは、IPレイヤよりも下位のレイヤで動作するため、IP網のプロトコルを有効利用してVPNを構築することができない。

【0009】本発明の課題は、IPやMPLSで構築した網で、高速にレイヤ2でサイト間を接続するVPNを実現することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の中継システムは、公衆網を介して第1と第2のレイヤ2ネットワークを接続してVPN（Virtual Private Network）を構築するシステムであって、該第1のレイヤ2ネットワークと該第2のレイヤ2ネットワークを対応付けて、MPLSのコネクションを確立するコネクション確立手段と、該システムに接続される第1のレイヤ2ネットワークとMPLSコネクションとの対応を格納する格納手段と、該第1のレイヤ2ネットワークからフレームを受け取った場合に、該格納手段から該フレームを送出すべきMPLSコネクションを取得し、該MPLSコネクションに送出する送出手段と、該第1のレイヤ2ネットワークから受け取ったフレームに対応するMPLSコネクションが該格納手段に格納されていない場合に、該フレームを同報する同報手段とを備えることを特徴とする。

【0011】本発明によれば、インターネットのプロトコルであるIPプロトコルと親和性が高いIP中継の高速化手段として市場に受け入れられつつあるプロトコルであるMPLSを使用し、かつ中継のために必要な処理を最小限にとどめたので、高速かつ、IP中継のためのインフラであるMPLSの中継装置を流用できるVPNの中継システムを構築することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】なお、以下において、IPやMPLSで構築した網で、高速にレイヤ2でサイト間を接続するVPNをレイヤ2-VPNと呼ぶ。

【0013】また、以下において、図1のエッジノード(1)のように、エッジノードの構成は、スイッチファブリックと1つ以上のポートの収容部からなり、各収容部はスイッチファブリックと接続されているものとする。また、ユーザ網（プライベートネットワーク）に接続されたポートを収容する収容部を回線収容部と予備、MPLS網に接続されたポートを収容する収容部をMPLS網収容部と呼ぶ。

【0014】図1、図2は、本発明のレイヤ2-VPN実現システム及びエッジノードの第1の実施形態の構成である。すなわち、図1は、本発明のレイヤ2-VPNのシステムにおいてMPLS網のエッジノード間で作成するLSP（MPLSのコネクションのこと）を示しており、図2は、図1中のエッジノードの原理図であり、

ユーザ網からフレームを受信したMPLS網の入口のノード（以下単に入口ノードと記す）の構成、及び該入口ノードからMPLS網経由で受信したフレームをユーザ網へ中継するMPLS網の出口のノード（以下単に出口ノードと記す）の構成を示している。

【0015】図1においては、入口及び出口ノードであるエッジノード(1)、(2)の間にコネクションを張っている状態を示している。エッジノードの構成は、回線収容部と回線の切替のための装置接続であるスイッチファブリックと、MPLS網収容部とからなっている。図1の場合には、エッジノード間のLSPは、各エッジノードの回線収容部から他のエッジノードの出力ポートに対して張られる。すなわち、LSPを張る場合には、各エッジノードの回線収容部を送出元として設定し、送出先として他のエッジノードのポートを指定することになる。

【0016】エッジノード間には、MPLSのパスであるエッジ接続LSP1が張られ、その中を入口ノードの回線収容部から出口ノードのポートまでのパスであるVPN接続LSP4が張られることになる。ここで、MPLSは、インターネットのプロトコルであるIPプロトコルと親和性が高く、また、IP中継の高速化手段として市場に受け入れられつつあるプロトコルである。

【0017】ここで、エッジ接続LSPは、エッジノード間で相互に作成するLSP（MPLSにおけるコネクション）。LDP（Label Distribution Protocol）等の既存LSP作成用のプロトコルにより、全エッジノード間でフルメッシュに作成する。

【0018】図2のエッジノード管理テーブル2は、各エッジノードが、作成したエッジ接続LSP1を管理するテーブルである。すなわち、作成したエッジ接続LSP毎に、LSPの接続先エッジのレイヤ3アドレス、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、エッジ接続LSPへの出力ポートなどのエッジ接続LSP1に関する情報を管理する。

【0019】VPN定義テーブル3は、ポート（物理インターフェース又は複数の物理インターフェースを束ねた論理的なインターフェースのことを以下ポートと呼ぶ）毎に所属するVPNを定義するテーブルである。

【0020】図1のVPN接続LSP4は、エッジノード上の各回線収容部と、該MPLS網上に存在するエッジノード内の回線収容部上のポートとの間で作成するLSPである。

【0021】図2のVPN管理テーブル5は、各エッジノードが、各VPNに所属するネットワーク上のポートを管理するテーブルである。すなわち、VPN毎に、そのVPNに属するネットワーク上の全ポート及び該ポートを収容するエッジノードのレイヤ3アドレスのリストを管理し、該リストに含まれるポートが他のノード上のポートの場合には、該ポート宛てのVPN接続LSP4

に関する情報として、該LSPへの送信用ラベルを管理する。

【0022】図2のL2経路テーブル6は、各エッジノードが、MACアドレス（エッジノードに接続するプライベート網において使用されるレイヤ2プロトコルのアドレス）を持つノードへの経路を管理するテーブルである。VPN毎に論理的に分けたテーブルとする。経路情報としては、出力先がローカルポート（自ノード内の回線収容部上のポート）であれば、該ポートの識別子を登録し、出力先が他のエッジノードのポートであれば、出力先のVPN接続LSP4及びエッジ接続LSP1に関する情報（送信用ラベル、出力ポートなど）を登録する。

【0023】図2のL2フォワーディング手段7は、フレームの送信元MACアドレス（以降、送信元MACと略記）と受信ポートの対が、経路として学習済みかどうかのチェック、及び宛て先MACアドレス（以降、宛て先MACと略記）による経路決定を行う。すなわち、フレーム受信時に、VPN定義テーブル3から受信ポートに対応するVPNを得た後、送信元MACにより該VPN用のL2経路テーブル6を検索し、ミスヒット時には経路未登録として経路登録手段8に通知する。

【0024】更に、該テーブルを宛て先MACで検索し、出力先の情報、すなわちローカルポート又は出力先のVPN接続LSP4及びエッジ接続LSP1にかんする情報を得る。検索ミスヒット時は、後述のVPN内の同報手段12にフレームを渡す。

【0025】上記の後、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9にフレームを渡す。経路登録手段8は、L2フォワーディング手段7からの経路未登録の通知をトリガに、新たな経路として、送信元MACと受信ポートの対を、該ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル6に登録する。

【0026】更に、該VPN用のポートを収容した全エッジノードのリストをVPN管理テーブル5から獲得し、各エッジノードの経路登録手段8に対し、新たな経路として、VPNの識別子、前記送信元MAC、前記受信ポートの識別子、及び該エッジノードのレイヤ3アドレスの組み合わせを通知する。

【0027】通知を受けたエッジノードは、通知されたポートに対応するVPN接続LSP4、通知されたレイヤ3アドレス（IPアドレス）に対応するエッジ接続LSP1の情報を、それぞれVPN管理テーブル5及びエッジノード管理テーブル2から獲得し、L2経路テーブル6に登録する。

【0028】ラベル付加手段9は、L2経路テーブル6で得られた情報に基づき、フレームへのラベルの付加を行う。ラベルテーブル10は、ラベル付きフレームに対するラベル操作の指示（付加／削除／置換を以降ラベル

操作と記す）、送信用ラベル、次ホップ情報など、受信ラベル毎の経路及び中継時の処理を指定するテーブルである。また、ラベルテーブル10は、VPNの出口ノードでは、出力先ポート及びラベル削除を指示する。

【0029】ラベルフォワーディング手段11は、MPLS網収容部内のポートから受信したフレームについて、フレーム中のラベルによりラベルテーブル10を参照して、得られた情報に従ってフレームに対するラベル操作を行い、出力ポートにフレームを出力する。VPNの出口ノードでは、テーブルに従いラベル削除を行う。

【0030】VPN内同報手段12は、ネットワーク中に存在する、同一VPN内の全ポート（受信ポートを除く）宛てにフレームを同報する手段である。すなわち、VPN内のポートのリストをVPN管理テーブル5から取得するとともに、該ポート宛ての全ローカルポート及び他のノードのポートにフレームを同報する。他のノードのポートに送信する際は、更にエッジノード管理テーブル2も参照して、出力先のVPN接続LSP4及びエッジ接続LSP1に関する情報を得る。上記の後、出力先がローカルポートで有れば該ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9にフレームを渡す。

【0031】フレームの複製はプロセッサや同報用のサーバなどの既存技術により行う。同報用のサーバを使用する場合、該サーバはエッジノード外部にあっても良い。なお、上記同報が行われるのは、受け取ったMACフレームの宛て先が経路登録手段8によってL2経路テーブル6に未登録の場合、このままでは、このMACフレームをどこに送出したらよいか分からないので、この場合に同一VPN内の全ての送出先ポートに対し、該MACフレームを送出するものである。

【0032】本実施形態では、BGPやOSPF等のIPの既存のルーティングプロトコル、及びLDP等の既存MPLSの制御プロトコルが動作しており、各ノードはIPやMPLSで相互に接続可能である網を前提とする。そして、本実施形態の装置は、まずフレーム中継のための事前準備として、VPNの定義、及びLSPの作成を行う。即ち、

・各エッジノード間で、LDP等の既存LSP作成手段によりエッジノード間を相互接続するエッジ接続LSP1を作成し、エッジノード管理テーブル2に、レイヤ3アドレス（IPアドレス）、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、出力ポート等のエッジ接続LSP1に関する情報を、接続先エッジノード毎に登録する。また、MPLS網内のノードは、ラベルテーブル10に、ラベル毎の経路及びラベル操作を登録する。

・各エッジノードは、自ノード内の回線収容部上の各ポート（以下ローカルポートと記す）をVPNに対応付け、本対応をVPN定義テーブル3に登録した後、他のエッジノードが収容するポートとVPNの対応の情報を所定のネゴシエーションにより取得し、自ノードが収容するVPN

と同じVPNに所属する他ノード上の全ポートに対し、該VPNに所属するポートを収容する各回線収容部から、LSP (VPN接続LSP 4) を作成する。

【0033】LSP作成時には、他のエッジノード上のポートのリストと、各ポートに対応するVPN接続LSP 4に関する情報、及び自ノード上のポートのリストを、VPN毎にVPN管理テーブル5に登録する。

【0034】同時に、各エッジノードは、他ノードから、作成されたVPN接続LSP 4について、ラベル削除を指示したラベルテーブル10を作成する。上記の事前準備の後、ローカルポートからフレームを受信したエッジノードは、下以下のフレーム中継動作を行う。

(1) L2フォワーディング手段7は、VPN定義テーブル3により受信ポートに対応するVPNを識別した後、フレームの送信元MACをキーとして該VPN用のL2経路テーブル6を検索する。

【0035】ヒット時はそのまま次の(2)の処理を行う。ミスヒット時は、経路登録手段8に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた経路登録手段8は、該送信元MACと受信ポートの対を、該ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル6に登録するとともに、前記VPNと同じVPNに属するポートを持つエッジノードのリストをVPN管理テーブル5から獲得して、各ノードに対し、該VPN内の新たな経路として、VPNの識別子、前記送信元MAC、前記受信ポートの識別子、及び該エッジノードのレイヤ3アドレスの組み合わせを通知する。

【0036】通知を受けたエッジノードは、通知された内容を元にVPN管理テーブル5及びエッジノード管理テーブル2を参照して、該レイヤ3宛てエッジ接続LSP 1の情報を得た上で、通知された内容と合わせて、各VPN用のL2経路テーブル21に登録する。

(2) L2フォワーディング手段7は更に、フレームの宛先MACをキーとして、該VPNに対応するL2経路テーブル6を検索する。

【0037】ヒット時は、該テーブルから出力先の情報を得る。出力先は、ローカルポートの場合はポートの識別子であり、LSPであれば、エッジ接続LSP 1及びVPN接続LSP 4への送信用ラベル及び出力ポートである。

【0038】ミスヒット時は、VPN内同報手段12が、VPN内の出力先ローカルポートのリスト及び出力先VPN接続LSP 4/エッジ接続LSP 1の情報をVPN管理テーブル5及びエッジノード管理テーブル2から取得して、各出力先にフレームを同報する。

(3) L2フォワーディング手段7は更に、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームを送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がエッジ接続LSP、及びVPN接続LSPへの送信用ラベルを付与した後にフレームを送信する。

【0039】MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行

う。

(4) ラベルフォワーディング手段11は、フレーム中のラベルによりラベルテーブル10を参照して、得られた情報に従ってフレームに対するラベルの削除を行い、出力ポートにフレームを出力する。

【0040】以上により、本実施形態の装置では、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未学習時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できている。

【0041】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がしやすい。

【0042】図3、図4は、本発明の第2の実施形態のレイヤ2-VPN実現装置及びエッジノードの構成である。即ち、図3は、本発明のレイヤ2-VPNの装置においてMPLS網のエッジノード間で作成するLSPを示しており、図4は、図3中のエッジノードの原理図であり、ユーザ網からフレームを受信したMPLS網の入口のノード（以下単に入力ノードと記す）の構成、及び該入力ノードからMPLS網経由で受信したフレームをユーザ網へ中継するMPLS網の出口のノード（以下単に出力ノードと記す）の構成を示している。

【0043】以下においては、第1の実施形態と異なる部分についてのみ説明する。VPN接続LSP 20は、エッジノード上の各回線収容部上のポートと、該MPLS網上に存在するエッジノード内の回線収容部上のポートとの間で相互にフルメッシュで作成するLSPである。

【0044】L2経路テーブル21は、各エッジノードが、MACアドレスを持つノードへの経路を管理するテーブルである。本実施形態ではポート毎に論理的に分けたテーブルとする。経路情報としては、出力先がローカルポートであれば、該ポートの識別子を登録し、出力先が他のエッジノードのポートであれば、出力先のVPN接続LSP 20及びエッジ接続LSP 1に関する情報（送信用ラベル、出力ポート等）を登録する。

【0045】L2フォワーディング手段22は、フレームの送信元MACアドレス（以降、送信元MACと略記）と受信ポートの対が、経路として学習済みかどうかのチェック、及び宛先MACアドレス（以降、宛先MACと略記）による経路決定を行う。

【0046】即ち、フレーム受信時に、VPN定義テーブル3から受信ポートに対応するVPNを得た後、受信ポート用のL2経路テーブル21を送信元MACにより検索し、ミスヒット時には経路未登録として入力経路登録手段23に通知する。

【0047】更に、該テーブルを宛先MACで検索し、出力先の情報、即ちローカルポート又は出力先のVPN接続LSP 20及びエッジ接続LSP 1に関する情報を得る。検索ミスヒット時は、VPN内同報手段12にフレームを渡

す。

【0048】上記の後、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9にフレームを渡す。入口経路登録手段23は、L2フォワーディング手段22からの経路未登録の通知をトリガに、新たな経路として、送信元MACと受信ポートの対を、該ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル21に登録する。

【0049】LSP逆変換テーブル25は、各エッジノードが、他のエッジノード上のポートからのローカルポート宛VPN接続LSP20と、それに対する逆方向のVPN接続LSP20及びエッジ接続LSP1の情報とを対応付けるテーブルである。

【0050】経路登録確認手段26は、フレーム中の送信元MACにより、出力ポート用のL2経路テーブル21を検索し、ミスヒット時には経路未登録として出口経路登録手段27に通知する。

【0051】出口経路登録手段27は、経路登録確認手段26からの経路未登録の通知をトリガに、送信元MACを持つノードへの経路を登録する。すなわち、フレーム中の受信ラベルによりLSP逆変換テーブル25を参照することで、受信したVPN接続LSP20の折り返しとなるVPN接続LSP20及びエッジ接続LSP1をLSP逆変換テーブル25から求め、出力先ポート用のL2経路テーブル21に登録する。

【0052】本実施形態の装置は、前述の実施形態と同様に、BGPやOSPF等のIPの既存のルーティングプロトコル、及びLDP等の既存MPLSの制御プロトコルが動作しており、各ノードはIPやMPLSで相互に接続可能である網における装置である。

【0053】そして、まずフレーム中継のための事前準備として、VPNの定義、及びLSPの作成を行う。即ち、

・各エッジノード間で、LDP等の既存LSP作成手段によりエッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を作成し、エッジノード管理テーブル2に、レイヤ3アドレス、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、出力ポート等のエッジ接続LSP1に関する情報を、接続先エッジノード毎に登録する。また、MPLS網内のノードは、ラベルテーブル10に、ラベル毎の経路及びラベル操作を登録する。

・各エッジノードは、自ノード内の回線収容部上の各ポート（以下ローカルポートと記す）をVPNに対応付け、本対応をVPN定義テーブル3に登録した後、他のエッジノードが収容するポートとVPNの対応の情報を所定のネゴシエーションにより取得し、自ノードが収容するVPNと同じVPNに所属する他ノード上の全ポートに対し、該VPNに所属する各ローカルポートから、LSP（VPN接続LSP20）を作成する。

【0054】LSP作成時には、他のエッジノード上のポートのリストと、各ポートに対応するVPN接続LSP20に

関する情報、及び自ノード上のポートのリストを、VPN毎にVPN管理テーブル5に登録する。

【0055】同時に、各エッジノードは、他ノードから作成されたVPN接続LSP20について、ラベル削除を指示したラベルテーブル10を作成する。上記の事前準備の後、ローカルポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(1) L2フォワーディング手段22は、VPN定義テーブル3により受信ポートに対応するVPNを識別した後、フレームの送信元MACをキーとして受信ポート用のL2経路テーブル21を検索する。

【0056】ヒット時はそのまま次の処理を行う。ミスヒット時は、入口経路登録手段23に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた入口経路登録手段23は、該送信元MACと受信ポートの対を、該ポート用のL2経路テーブル21に登録する。

(2) L2フォワーディング手段22は更に、フレームの宛先MACをキーとして、該VPNに対応するL2経路テーブル21を検索する。

【0057】ヒット時は、該テーブルから出力先の情報を得る。出力先は、ローカルポートの場合はポートの識別子であり、LSPであれば、エッジ接続LSP1及びVPN接続LSP20への送信用ラベル及び出力ポートである。

【0058】ミスヒット時は、VPN内同報手段12が、VPN内のポートのリストをVPN管理テーブル5から取得して、該ポート宛の全ローカルポート及びVPN接続LSP20にフレームを同報する。

(3) L2フォワーディング手段22は更に、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームを送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がエッジ接続LSP、及びVPN接続LSPへの送信用ラベルを付与した後にフレームを送信する。

【0059】MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(1) ラベルフォワーディング手段23は、フレーム中のラベルによりラベルテーブル10を参照して、出力ポートを決定すると共に得られた情報に従ってフレームに対するラベルの削除を行う。

(2) 経路登録確認手段26は、ラベル削除後のフレーム中の送信元MACをキーとして、ラベルフォワーディング手段23で得た出力先ポート用のL2経路テーブル21を検索する。ヒット時はそのままフレームを出力する。

【0060】ミスヒット時は、出口経路登録手段26に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた出口経路登録手段26は、受信VPN接続LSP20に折り返しとなるVPN接続LSP20及びエッジ接続LSP3をLSP逆変換テーブル25から獲得し、通知された送信元MACと対にして、前記VPN用のL2経路テーブル21に登録する。

【0061】以上により、本発明に従った第2の実施形



態の装置では、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未学習時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できている。

【0062】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0063】以下は、第3の実施形態の説明である。L2フォワーディング手段31は、フレームの送信元MACアドレス（以降、送信元MACと略記）と受信ポートの対が、経路として学習済みかどうかのチェック、及び宛先MACアドレス（以降、宛先MACと略記）による経路決定を行う。

【0064】即ち、フレーム受信時に、VPN定義テーブル3から受信ポートに対応するVPNを得た後、受信ポート用のL2経路テーブル21を送信元MACにより検索し、ミスヒット時には経路未登録として経路登録手段32に通知する。

【0065】更に、該テーブルを宛先MACで検索し、出力先の情報、即ちローカルポート又は出力先のVPN接続LSP20及びエッジ接続LSP1に関する情報を得る。検索ミスヒット時は、VPN内同報手段12にフレームを渡す。

【0066】上記の後、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9にフレームを渡す。経路登録手段32は、L2フォワーディング手段7からの経路未登録の通知をトリガに、新たな経路として、送信元MACと受信ポートの対を、該ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル6に登録する。

【0067】更に、該VPN用のポートを収容した全エッジノードのレイヤ3アドレスのリストをVPN管理テーブル5から獲得し、各ノードに対し、新たな経路として、VPNの識別子、前記送信元MAC、前記受信ポートの識別子、及び該エッジノードのレイヤ3アドレスの組み合わせを通知する。

【0068】通知を受けたエッジノードは、通知されたポートに対応するVPN接続LSP4、通知されたレイヤ3アドレスに対応するエッジ接続LSP1の情報を、それぞれVPN管理テーブル5及びエッジノード管理テーブル2から獲得し、L2経路テーブル6に登録する。

【0069】BGPやOSPF等のIPの既存のルーティングプロトコル、及びLDP等の既存MPLSの制御プロトコルが動作しており、各ノードはIPやMPLSで相互に接続可能である網を前提として本実施形態の装置は成り立つ。

【0070】本実施形態の装置は、まずフレーム中継のための事前準備として、VPNの定義、及びLSPの作成を行う。即ち、

・各エッジノード間で、LDP等の既存LSP作成手段によりエッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を作

成し、エッジノード管理テーブル2に、レイヤ3アドレス、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、出力ポート等のエッジ接続LSP1に関する情報を、接続先エッジノード毎に登録する。また、MPLS網内のノードは、ラベルテーブル10に、ラベル毎の経路及びラベル操作を登録する。

・各エッジノードは、自ノード内の回線収容部上の各ポート（以下ローカルポートと記す）をVPNに対応付け、本対応をVPN定義テーブル3に登録した後、他のエッジノードが収容するポートとVPNの対応の情報を何らかのネゴシエーションにより取得し、自ノードが収容するVPNと同じVPNに所属する他ノード上の全ポートに対し、該VPNに所属する各ローカルポートから、LSP（VPN接続LSP20）を作成する。

【0071】LSP作成時には、他のエッジノード上のポートのリストと、各ポートに対応するVPN接続LSP20に関する情報、及び自ノード上のポートのリストを、VPN毎にVPN管理テーブル5に登録する。

【0072】同時に、各エッジノードは、他ノードから作成されたVPN接続LSP20について、ラベル削除を指示したラベルテーブル10を作成する。上記の事前準備の後、ローカルポートからフレームを受信した入口ノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

（1）L2フォワーディング手段31は、VPN定義テーブル3により受信ポートに対応するVPNを識別した後、フレームの送信元MACをキーとして受信ポート用のL2経路テーブル21を検索する。

【0073】ヒット時はそのまま次の処理を行う。ミスヒット時は、経路登録手段32に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた経路登録手段32は、該送信元MACと受信ポートの対を、受信ポート用のL2経路テーブル21に登録するとともに、前記VPNと同じVPNに属するポートを持つエッジノードのリストをVPN管理テーブル5から獲得して、各ノードに対し、該VPN内の新たな経路として、VPNの識別子、前記送信元MAC、前記受信ポートの識別子、及び該エッジノードのレイヤ3アドレスの組み合わせを通知する。

【0074】通知を受けたエッジノードは、通知されたレイヤ3アドレスにより、該レイヤ3宛てエッジ接続LSP1の情報を得た上で、通知された内容と合わせて、各ポート用のL2経路テーブル21に登録する。

（2）L2フォワーディング手段31は更に、フレームの宛先MACをキーとして、該VPNに対応するL2経路テーブル21を検索する。

【0075】ヒット時は、該テーブルから出力先の情報を得る。出力先は、ローカルポートの場合はポートの識別子であり、LSPであれば、エッジ接続LSP1及びVPN接続LSP20への送信用ラベル及び出力ポートである。

【0076】ミスヒット時は、VPN内同報手段12が、VPN内のポートのリスト及び出力先VPN接続LSP20

ノエッジ接続LSP1の情報をVPN管理テーブル5及びエッジ管理テーブル2から取得して、該ポート宛のローカルポート及びVPN接続LSP20にフレームを同報する。

(3) L2フォワーディング手段31は更に、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームを送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がエッジ接続LSP、及びVPN接続LSPへの送信用ラベルを付与した後にフレームを送信する。入口ノードからフレームが送信された後、MPLS網内のノード(図1、図2には不記載)は、

既存のMPLSと同様に、ラベルにより方路を決定して、出口ノードまでフレーム中継動作を行う。

【0077】MPLS網収容部内のポートからフレームを受信した出口ノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(4) ラベルフォワーディング手段11は、フレーム中のラベルによりラベルテーブル10を参照して、得られた情報に従ってフレームに対するラベルの削除を行った後、出力ポートにフレームを出力する。

【0078】以上により、本発明の実施形態の装置では、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未学習時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できている。

【0079】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0080】以下は、本発明の第4の実施形態の説明である。VPN定義テーブル50は、フレーム中のVLAN識別子(VID)をVPN及び受信論理ポート(VIDに対応付けた論理的なポートを以下ではこのように呼ぶ)に対応付けるテーブルである。

【0081】L2フォワーディング手段41は、フレームの送信元MACアドレス(以降、送信元MACと略記)と受信ポートの対が、経路として学習済みかどうかのチェック、及び宛先MACアドレス(以降、宛先MACと略記)による経路決定を行う。

【0082】即ち、フレーム受信時に、VPN定義テーブル40からフレーム中のVIDに対応するVPNを得た後、送信元MACにより該VPN用のL2経路テーブル6を検索し、ミスヒット時には経路未登録として経路登録手段8に通知する。

【0083】更に、該テーブルを宛先MACで検索し、出力先の情報、即ちローカルポート又は出力先のVPN接続LSP4及びエッジ接続LSP1に関する情報を得る。検索ミスヒット時は、後述のVPN内同報手段12にフレームを渡す。

【0084】上記の後、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9にフレームを渡す。ラベルテーブル42は、ラベル付フレームに対するラベル削除

の指示、出力先ポート、及び出力時にフレームに付与するVLAN識別子(VID)を指定するテーブル。

【0085】ラベルフォワーディング手段43は、MPLS網収容部内のポートから受信したフレームについて、フレーム中のラベルによりラベルテーブル42に従い、出力フレームに付与するVLAN識別子の獲得、及びラベル削除後のフレーム中のVLANヘッダ内に前記VIDで書き換えを行った後に、フレームを出力する。

【0086】BGPやOSPF等のIPの既存のルーティングプロトコル、及びLDP等の既存MPLSの制御プロトコルが動作しており、各ノードはIPやMPLSで相互に接続可能である網を前提にした装置を提供する。

【0087】本実施形態の装置は、まずフレーム中継のための事前準備として、VPNの定義、及びLSPの作成を行う。即ち、

- ・各エッジノード間で、LDP等の既存LSP作成手段によりエッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を作成し、エッジノード管理テーブル2に、レイヤ3アドレス、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、出力ポート等のエッジ接続LSP1に関する情報を、接続先エッジノード毎に登録する。また、MPLS網内のノードは、ラベルテーブル42に、ラベル毎の経路及びラベル操作を登録する。

- ・各エッジノードは、VLAN識別子(VID)をVPNに対応付け、本対応をVPN定義テーブル40に登録した後、他ノード上の全ポートに対し、自ノード上の各回線収容部から、LSP(VPN接続LSP4)を作成する。

【0088】LSP作成時には、他のエッジノード上のポートのリストと、各ポートに対応するVPN接続LSP4に関する情報、及び自ノード上のポートのリストを、VPN毎にVPN管理テーブル5に登録する。

【0089】同時に、各エッジノードは、他ノードから作成されたVPN接続LSP4について、ラベル削除を指示したラベルテーブル42を作成する。上記の事前準備の後、ローカルポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(1) L2フォワーディング手段41は、VPN定義テーブル40によりフレームのVIDに対応するVPNを識別した後、フレームの送信元MACをキーとして該VPN用のL2経路テーブル6を検索する。

【0090】ヒット時はそのまま次の(2)の処理を行う。ミスヒット時は、経路登録手段8に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた経路登録手段8は、該送信元MACと受信ポートの対を、該ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル6に登録するとともに、前記VPNと同じVPNに属するポートを持つエッジノードのリストをVPN管理テーブル5から獲得して、各ノードに対し、該VPN内の新たな経路として、VPNの識別子、前記送信元MAC、前記受信ポートの識別子、及び該エッジノードのレイヤ3アドレスの組み合わせを通知する。

【0091】通知を受けたエッジノードは、通知された経路をL2経路テーブル6に登録する。

(2) L2フォワーディング手段41は更に、フレームの宛先MACをキーとして、該VPNに対応するL2経路テーブル6を検索する。

【0092】ヒット時は、該テーブルから出力先の情報を得る。出力先は、ローカルポートの場合はポートの識別子であり、LSPであれば、エッジ接続LSP1及びVPN接続LSP4への送信用ラベル及び出力ポートである。

【0093】ミスヒット時は、VPN内同報手段12が、VPN内の出力先ローカルポートのリスト及び出力先VPN接続LSP4/エッジ接続LSP1の情報をVPN管理テーブル5及びエッジノード管理テーブル2から取得して、各出力先にフレームを同報する。

(3) L2フォワーディング手段41は更に、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームを送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がエッジ接続LSP、及びVPN接続LSPへの送信用ラベルを付与した後にフレームを送信する。

【0094】MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(4) ラベルフォワーディング手段43は、フレーム中のラベルによりラベルテーブル42を参照して、得られた情報に従ってフレームに対するラベルの削除を行うとともに、該テーブルから得られたVIDを含むVLANのヘッダを付与し、出力ポートにフレームを出力する。

【0095】以上により、本発明の装置では、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未決定時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でVLAN間を接続したVPNが構築できている。

【0096】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0097】以下は、本発明の第5の実施形態である。L2フォワーディング手段52は、フレームの送信元MACアドレス（以降、送信元MACと略記）と受信ポートの対が、経路として学習済みかどうかのチェック、及び宛先MACアドレス（以降、宛先MACと略記）による経路決定を行う。

【0098】即ち、フレーム受信時に、VPN定義テーブル50からフレーム中のVIDに対応するVPN及び受信論理ポートを得た後、該受信論理ポート用のL2経路テーブル21を送信元MACにより検索し、ミスヒット時には経路未登録として入口経路登録手段23に通知する。

【0099】更に、該テーブルを宛先MACで検索し、出力先の情報、即ち論理ローカルポート又は出力先のVPN接続LSP4及びエッジ接続LSP1に関する情報を得る。検索ミスヒット時は、後述のVPN内同報手段12に

フレームを渡す。

【0100】上記の後、出力先が論理ローカルポートであれば該論理ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9にフレームを渡す。

入口経路登録手段23は、L2フォワーディング手段52からの経路未登録の通知をトリガに、新たな経路として、送信元MACと受信論理ポートの対を、該論理ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル21に登録する。

【0101】BGPやOSPF等のIPの既存のルーティングプロトコル、及びLDP等の既存MPLSの制御プロトコルが動作しており、各ノードはIPやMPLSで相互に接続可能である網を前提にする。

【0102】本実施形態の装置は、まずフレーム中継のための事前準備として、VPNの定義、及びLSPの作成を行う。即ち、

- ・各エッジノード間で、LDP等の既存LSP作成手段によりエッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を作成し、エッジノード管理テーブル2に、レイヤ3アドレス、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、出力ポート等のエッジ接続LSP1に関する情報を、接続先エッジノード毎に登録する。また、MPLS網内のノードは、ラベルテーブル10に、ラベル毎の経路及びラベル操作を登録する。

- ・各エッジノードは、VLAN識別子(VID)をVPN及び論理ポートに対応付け、本対応をVPN定義テーブル50に登録した後、他ノード上の全論理ポートに対し、該VPNに所属する各論理ローカルポートから、LSP(VPN接続LSP20)を作成する。

【0103】LSP作成時には、他のエッジノード上の論理ポートのリストと、各論理ポートに対応するVPN接続LSP20に関する情報、及び自ノード上の論理ポートのリストを、VPN毎にVPN管理テーブル5に登録する。

【0104】同時に、各エッジノードは、他ノードから作成されたVPN接続LSP20について、ラベル削除を指示したラベルテーブル10を作成する。上記の事前準備の後、論理ローカルポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(1) L2フォワーディング手段52は、VPN定義テーブル50により受信論理ポートに対応するVPNを識別した後、フレームの送信元MACをキーとして受信論理ポート用のL2経路テーブル21を検索する。

【0105】ヒット時はそのまま次の処理を行う。ミスヒット時は、入口経路登録手段23に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた入口経路登録手段23は、該送信元MACと受信論理ポートの対を、該論理ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル21に登録する。

(2) L2フォワーディング手段52は更に、フレームの宛先MACをキーとして、該VPNに対応するL2経路テーブル21を検索する。

【0106】ヒット時は、該テーブルから出力先の情報

を得る。出力先は、論理ローカルポートの場合はポートの識別子であり、LSPであれば、エッジ接続LSP 1 及びVPN接続LSP 2 0への送信用ラベル及び出力論理ポートである。ミスヒット時は、VPN内同報手段 1 2 が、VPN内の論理ポートのリストをVPN管理テーブル 5 から取得して、該論理ポート宛の全論理ローカルポート及びVPN接続LSP 2 0にフレームを同報する。

(3) L2フォワーディング手段 5 2 は更に、出力先が論理ローカルポートであれば該ポートにフレームを送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段 9 がエッジ接続LSP、及びVPN接続LSPへの送信用ラベルを付与した後にフレームを送信する。

【0107】MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(4) ラベルフォワーディング手段 2 3 は、フレーム中のラベルによりラベルテーブル 1 0 を参照して、得られた情報に従ってフレームに対するラベルの削除を行うとともに、該テーブルから得られたVIDを含むVLANのヘッダを付与する。

(5) 経路登録確認手段 2 6 は、ラベル削除後のフレーム中の送信元MACをキーとして、ラベルフォワーディング手段 2 3 で得た出力先ポート用のL2経路テーブル 2 1 を検索する。ヒット時はそのままフレームを出力する。

【0108】ミスヒット時は、出口経路経路登録手段 2 6 に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた出口経路経路登録手段 2 6 は、受信VPN接続LSP 2 0 に対応する逆方向のVPN接続LSP 2 0 及びエッジ接続LSP 1 をLSP逆変換テーブル 2 5 から獲得し、通知された送信元MACと対にして、ラベルフォワーディング手段 2 3 で求めた出力ポート用のL2経路テーブル 2 1 に登録する。

【0109】以上により、本実施形態の装置では、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未学習時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でVLAN間を接続したVPNが構築できている。

【0110】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0111】以下は、本発明の第6の実施形態である。L2フォワーディング手段 6 1 は、フレームの送信元MACアドレス（以降、送信元MACと略記）と受信ポートの対が、経路として学習済みかどうかのチェック、及び宛先MACアドレス（以降、宛先MACと略記）による経路決定を行う。

【0112】即ち、フレーム受信時に、VPN定義テーブル 5 0 からフレーム中のVIDに対応するVPN及び受信論理ポートを得た後、該受信論理ポート用のL2経路テーブル 2 1 を送信元MACにより検索し、ミスヒット時には経路未登録として経路登録手段 8 に通知する。

【0113】更に、該テーブルを宛先MACで検索し、出力先の情報、即ちローカルポート又は出力先のVPN接続LSP 2 0 及びエッジ接続LSP 1 に関する情報を得る。検索ミスヒット時は、後述のVPN内同報手段 1 2 にフレームを渡す。

【0114】上記の後、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段 9 にフレームを渡す。BGPやOSPF等のIPの既存のルーティングプロトコル、及びLDP等の既存MPLSの制御プロトコルが動作しており、各ノードはIPやMPLSで相互に接続可能である網を前提にする。

【0115】本実施形態の装置は、まずフレーム中継のための事前準備として、VPNの定義、及びLSPの作成を行う。即ち、

・各エッジノード間で、LDP等の既存LSP作成手段によりエッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP 1 を作成し、エッジノード管理テーブル 2 に、レイヤ3アドレス、エッジ接続LSP 1 への送信用ラベル、出力ポート等のエッジ接続LSP 1 に関する情報を、接続先エッジノード毎に登録する。また、MPLS網内のノードは、ラベルテーブル 1 0 に、ラベル毎の経路及びラベル操作を登録する。

・各エッジノードは、VLAN識別子（VID）をVPNに対応付け、本対応をVPN定義テーブル 3 に登録した後、他ノード上の全ポートに対し、該VPNに所属する各ローカルポートから、LSP（VPN接続LSP 2 0）を作成する。

【0116】LSP作成時には、他のエッジノード上のポートのリストと、各ポートに対応するVPN接続LSP 2 0 に関する情報、及び自ノード上のポートのリストを、VPN毎にVPN管理テーブル 5 に登録する。

【0117】同時に、各エッジノードは、他ノードから作成されたVPN接続LSP 2 0 について、ラベル削除を指示したラベルテーブル 1 0 を作成する。上記の事前準備の後、ローカルポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(1) L2フォワーディング手段 6 1 は、VPN定義テーブル 3 により受信ポートに対応するVPNを識別した後、フレームの送信元MACをキーとして受信ポート用のL2経路テーブル 2 1 を検索する。

【0118】ヒット時はそのまま次の処理を行う。ミスヒット時は、経路登録手段 8 に対して経路未登録の通知を行い、該通知を受けた経路登録手段 8 は、該送信元MACと受信ポートの対を、該ポートに対応するVPN用のL2経路テーブル 2 1 に登録するとともに、前記VPNと同じVPNに属するポートを持つエッジノードのリストをVPN管理テーブル 5 から獲得して、各ノードに対し、該VPN内の新たな経路として、VPNの識別子、前記送信元MAC、前記受信ポートの識別子、及び該エッジノードのレイヤ3アドレスの組み合わせを通知する。

【0119】通知を受けたエッジノードは、通知された

経路をL2経路テーブル21に登録する。

(2) L2フォワーディング手段55は更に、フレームの宛先MACをキーとして、該VPNに対応するL2経路テーブル21を検索する。

【0120】ヒット時は、該テーブルから出力先の情報を得る。出力先は、ローカルポートの場合はポートの識別子であり、LSPであれば、エッジ接続LSP1及びVPN接続LSP20への送信用ラベル及び出力ポートである。

【0121】ミスヒット時は、VPN内同報手段12が、VPN内のポートのリスト及び出力先VPN接続LSP20／エッジ接続LSP1の情報のリストをVPN管理テーブル5及びエッジ管理テーブル2から取得して、該ポート宛の全ローカルポート及びVPN接続LSP20にフレームを同報する。

(3) L2フォワーディング手段55は更に、出力先がローカルポートであれば該ポートにフレームを送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がエッジ接続LSP、及びVPN接続LSPへの送信用ラベルを付与した後にフレームを送信する。

【0122】MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードは、以下のフレーム中継動作を行う。

(4) ラベルフォワーディング手段11は、フレーム中のラベルによりラベルテーブル10を参照して、得られた情報に従ってフレームに対するラベルの削除を行うとともに、該テーブルから得られたVIDを含むVLANのヘッダを付与し、出力ポートにフレームを出力する。

【0123】以上により、本発明の本実施形態の装置では、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未決定時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でVLAN間を接続したVPNが構築できている。

【0124】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0125】図5～図11は、本発明の実施形態における学習機能を説明する図である。本発明の実施形態における特徴として、MACアドレスの学習手段をもっていることが挙げられる。

【0126】ブリッジ（エッジノードの異なるネットワーク間の橋渡し機能）はレイヤ2の中継装置であるため、中継フレームはLAN内に同報するのが原則である（すなわち、全てのポートに同報する）。しかし、ブリッジは通常、中継対象のフレームを見て、フレーム中の送信元MACアドレス（仮にMAC#Aと記す）と、フレームの受信ポート（ポート#1-1と記す）との対をフォワーディングテーブル中にキャッシュとして登録しておく。これは、ブリッジがMAC#Aの端末がポート#1-1に収容されていると学習したことを意味する。この学習を終えた後、MAC#A宛てフ

レームを受信した場合、ブリッジは、フォワーディングテーブル中の先ほどの記憶した内容に基づき（全ポートへの同報でなく）ポート#1-1に対してユニキャストでフレームを中継する。

【0127】また、端末Aが位置を移動した場合、ブリッジは位置情報を更新できることが通常である。また、更に、端末Aが停止した場合／もしくは端末Aはあまり通信しない端末である場合、端末Aの情報がフォワーディングテーブルに残り続けるのはテーブル容量の無駄なので、通常は、このテーブルについてタイマ管理を行い、一定時間フレームを送信しなかった端末に関する情報はテーブルから削除するのが一般的である。

【0128】上記の学習機能は既存のものであって、図6～図8に示されている。しかし、本実施形態のように、コア網（MPLS網等）を経由する構成では、学習手段を備えるには、以下の問題のため、既存の学習手段をそのまま使用することはできない。すなわち、エッジ#1/2（図9参照）では、端末Aに関する位置情報として、エッジ#1のポートxxxを学習したいが、ポートxxxはエッジ#1のポートであるため、エッジ#2では学習できない。

【0129】このため、本発明の第2の実施形態では、エッジ#2がフレームを受信したポートによる学習の代わりに、パス（LSP）による学習を行う。すなわち、エッジ#2におけるテーブル登録は、以下のようになる。

・フォワーディングテーブルに端末AのMACアドレスとポートxxx-yyy間を結ぶLSPの対を登録する。MPLSにおけるパス（LSP）は片方向なパスであるため、テーブルには、方向に注意して登録する。なお、エッジ#1におけるテーブル登録は、既存ブリッジと同じように行えばよい。

【0130】エッジ#1からLSP経由でフレームを受信したエッジ#2の動作概略は以下のようである。エッジ#2は、端末A発で端末B宛てのフレームをLSP-1から受信したと認識する（フレームがLSP-1から来たことの認識はフレームに付与されたラベルにより可能）。認識の結果、端末Aに関する学習として、MACアドレスAとLSP-1rの対をテーブルに登録する。ここで、LSP-1rは、LSP-1の逆方向のLSP。MPLSのパス（LSP）は方方向パスなので、このようになる。

【0131】これにより、仮に、この後、端末Bから端末A宛てのフレームがきた場合、エッジ#2は、フォワーディングテーブルを見て、MAC-DA（＝アドレス#A）に対応する送信先LSPとしてLSP-1rを獲得し、該LSPに送信することができる。（図10参照。）

また、第1の実施形態における学習は上記とは少し異なる。

【0132】すなわち、エッジ#2におけるテーブル登録は、以下ようになる(図11参照)。フォワーディングテーブルに、端末AのMACアドレスと回線収容部—ポートx x x間を結ぶLSPの対を登録する。MPLSにおけるパス(LSP)は片方向パスであるため、テーブルには、方向に注意して登録する。

【0133】エッジ#1からLSP経由でフレームを受信したエッジ#2の動作概要を説明する。エッジ#2は、端末A宛で端末B宛でのフレームをLSP-1から受信したと認識することはできるが、LSP-1は、エッジ#1の回線収容部から送信されたフレームであり、そのフレームをどのポートから送信されたかをフレームからは分らない。(回線収容部は、複数のポートを収容しているため、エッジ#2は、エッジ#1のどのポートから受けたフレームかが分らない。)

そこで、端末Aに関する学習は、エッジ#1のみで行い、エッジ#1が、エッジ#2に対し、学習内容を通知することにする。すなわち、エッジ#2では、中継フレームによる学習は行わない。

【0134】その結果、エッジ#2は、MACアドレスAとLSP-1rの対をテーブルに登録する。ここで、LSP-1rは、エッジ#2の回線収容部からエッジ#1のポートx x xに対して張られたLSPである。

【0135】これにより、仮にこの後、端末Bから端末A宛でのフレームがきた場合、エッジ#2は、フォワーディングテーブルを見て、MAC-DA(アドレス#A)に対応する送信先LSPとしてLSP-1rを獲得し、該LSPに送信することができる。

【0136】ポート—ポート間でLSPを張る第2の実施形態に比べ、第1の実施形態では、LSPを回線収容部—ポート間で張っているため、所要LSP数が少なく済むというメリットがある。

【0137】図12~23は、第1の実施形態に対応する具体例を示した図である。本具体例では、図12のように、ユーザ網#100-1、#100-3を接続して一つのVPNを構築し(VPN#100)、更にユーザ網#200-1、#200-2-1、#200-2-2、#200-3により別のVPN(VPN#200)を構築する。なお、図中でエッジノードA、B、Cは、それぞれレイヤ3アドレスがA、B、Cであるものとする。

【0138】上記キャリア網内では、BGP/OSPF等の既存のルーティングプロトコル、及び既存のMPLSでLSP作成時に使用するLDP等の既存プロトコルが動作しており、各ノードがIP及びMPLSで相互接続可能であるものとする。

【0139】以降、本具体例では、図中のキャリアMPLS網内のノード間の全リンクをPPPと想定して説明する

(本発明自体は、リンク層は特定しない)

・VPNの定義、及びLSPの作成(フレーム中継の事前準備) : まず、本実施形態のレイヤ2-VPNのシステム上でユーザ網間のフレームの中継にあたり、事前に行うLSP

作成、及びVPN定義の流れを説明する。

・エッジ接続LSP構築

・エッジノード管理テーブル作成

エッジノードA、B、C間では、LDP等の既存LSP作成手段により、エッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を事前に作成し、作成したLSPを制御プレーンのエッジノード管理テーブル2(図13)に登録する。

【0140】テーブルには、LSPのパラメタとして、該LSPへの送信時にフレームに付与するラベル及び出力ポートを登録する。このようなテーブルは、MPLS網内のノード(エッジノード以外のノード)も作成するが、図13ではエッジノードA以外については略記する。

【0141】作成したエッジ接続LSP1を図14に示す。(エッジノードA、B間のみ。エッジノードCについては略記)

・ラベルテーブル作成

各MPLS網内のノード(エッジノード及びMPLS網内の各ノード)は、作成したLSPに従い、フォワーディングプレーンのラベルテーブル10を作成する。

【0142】作成したラベルテーブル10を図15に示す(エッジノードA、B間の中継ノードのみ。エッジノードCについては略記)

なお、図15では、LSP上の出口ノードの一つ手前のノード(図14のMPLS中継ノードab2、及びba2)でラベルを削除するようなテーブルを構築している。LSPの出口ノードの一つ手前でラベルを削除するのは、既存MPLSの仕様の一つである。既存MPLSの仕様には、他にLSPの出口ノードでラベルを削除するものもあるが、本実施の形態の具体例、及び以降の実施の形態の具体例では、前者により説明する。

・VPN定義及びVPN接続LSP構築

・VPN定義テーブル作成

図12で示したユーザ網とVPNの定義に従い、エッジノード内の各ポートに、所属するVPNを対応付ける。対応付けを記したVPN定義テーブル3を図16に示す。

【0143】・VPN接続LSP作成

各エッジノードは、他のエッジノードが収容するポートとVPNの対応の情報を何らかのネゴシエーションにより取得し、自ノードが収容するVPNと同じVPNに所属する他ノード上の全ポートに対し、該VPNに所属するポートを収容する各回線収容部から、LSP(VPN接続LSP4)を作成する。

【0144】上記のネゴシエーション及びVPN接続LSP4作成については、本実施形態ではその手段を問わないが、ここでは各エッジノードが、エッジ接続LSP1で接続された全エッジノードに対して以下の通知を行うことにより、VPN接続LSP4を作成するものとする。

【0145】・通知内容(図17) : 各ノード内のローカルポートの識別子、該ポートの所属するVPN、該ポートにアサインしたVPN接続LSP4への送信用ラベル、及び

自ノードのレイヤ3アドレスの組み合わせ。

【0146】・通知手段：上記組み合わせを制御メッセージとして含めるように新たに定義した、既存MPLS-VPNの制御用プロトコル。

【0147】・通知メッセージの例（エッジノードBのポート#2に関する通知の例）を図17に示す。通知を受けたエッジノードA、B、Cは、自ノードが収容するVPNと同じVPNに所属する他ノード上の全ポートに対し、該VPNに所属するポートを収容する各回線収容部からVPN接続LSP 4を作成する。作成したVPN接続LSP 4は、VPN管理テ

ブル5（図18）に登録する。  
【0148】また、VPN接続LSP 4作成時に、フォワーディングプレーン上に作成するラベルテーブル10を図19に示す。なお、出口ノードのラベルテーブルについては、ここでは中継時に該テーブルを一度だけ参照することを想定した例を記載したが、例えば、MPLS網の入口ノードから出口ノードまで、VPN接続用LSP用のラベルとエッジノード接続LSP用のラベルがスタックされて中継されるようなMPLS網では、エッジノードはスタックされたそれぞれのラベルに応じたテーブルを独立に用意し、中継時にそれぞれのテーブルを参照するようなインプリメントであっても良い。

【0149】また、装置内に、複数の回線収容部/MPLS網収容部が存在し、各収容部をスイッチファブリックにより接続しているような構成の出口ノードにおいては、受信したMPLS網収容部において、ラベルテーブルを参照して、フレーム中のラベルをもとに、装置内の出側の収容部へのフォワーディング用のラベルに置換し、出側の収容部にて、改めてラベルテーブルを参照するような中継形態/テーブル配置にしても良い。

【0150】ここまでの処理で、図12のVPN構築のために作成したエッジ接続LSP 1及びVPN接続LSP 4を図20に示す。図中には、VPN#200構築のためのLSPのみ記載し、VPN#100構築のためのLSPは略記する。

【0151】・入口ノードにおけるMACフレーム中継処理（エッジノードA）：上記の事前準備の後、ユーザ網#200-1から送信された

・宛先MAC : 00:aa:bb:00:00:01

・送信元MAC : 00:bb:aa:00:00:02

のMACフレームを、ポート#2から受信したエッジノードAは、回線収容部内のポートからフレームを受信したので、L2フォワーディング手段7及びラベル付加手段9に従い、以下のフォワーディングプレーンでのフレームの中継を行う。なお、この時点でL2経路テーブル6には、前記宛先MACの経路は未登録とする。

【0152】・L2フォワーディング手段（エッジノードA）

以下、エッジノードAのL2フォワーディング手段7が行う処理を説明する。

・受信ポートに対応するVPNの識別

VPN定義テーブル3により、受信ポート#2に対応するVPNの識別子としてVPN#200を獲得する。

【0153】・送信元MACに関する経路学習チェック  
フレームの送信元MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル6を検索する。

【0154】ヒット時はそのまま次の経路検索の処理を行うが、この場合L2経路テーブル6にはMACアドレス00:bb:aa:00:00:02に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、経路未登録であることを経路登録手段32に通知し、経路登録手段32は以下の処理を行い、同一VPN内の全L2経路テーブル6に、該送信元MACの経路を登録する。

1) 送信元MACと受信ポートの対を、VPN#200用のL2経路テーブル6（図21）に登録する。

2) VPN管理テーブル5（図18）から、VPN#200に属するポートを持つエッジノードのレイヤ3アドレス（B、C）を獲得する。

3) ノードB、Cに対し、該VPN内の新たな経路として、{VPN#200、前記送信元MAC、ポート#2、レイヤ3アドレス(A)}の組み合わせを通知する。

【0155】通知を受けたエッジノードB、Cは、前記通知のレイヤ3アドレスA及びポート#2に対応するVPN接続LSP 4への送信用ラベル、及びアドレスAへのエッジ接続LSPへの送信用ラベル及び出力ポートを、それぞれVPN管理テーブル5（図18）、エッジノード管理テーブル2（図13）から獲得し、VPN#200用のL2経路テーブル6に登録する（図21）。なお、図21のラベル操作フィールドは、あるエントリの宛て先がLSPである場合に、ラベル付加を指示するフィールドである。この場合、ノードAから見てノードB、CはMPLS網をまたぐのでラベル付加を指示する。

【0156】なお、L2経路テーブルは、論理的にはVPN毎に別々に宛先MACと出力先を対応するテーブルであるが、インプリメント上は、図21のように、テーブルの検索キーにVPNの識別子も含めることで、物理的には一つのテーブルとしても良い。

【0157】・宛先検索

フレームの宛先MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル6を検索する。ヒット時は、出力先のローカルポート、又はエッジ接続LSP及びVPN接続LSP 4の情報を獲得するが、この場合L2経路テーブル6にはMACアドレス00:aa:bb:00:00:01に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、VPN内同報手段12にフレームを渡す。

【0158】VPN内同報手段12は、VPN内の全ポート宛にフレームを同報する。同報手段については本実施形態ではその手段は問わないが、ここではVPN内の全ポートに対して入口ノードがフレームを複製して送信する例を示す。

【0159】即ち、VPN内同報手段12は、VPN管理テ

ブル5 (図18) を参照して、VPN#200に所属するローカルポート番号のリスト、及び他ノード上のポートへのVPN接続LSPの情報のリストを得る。この場合、以下を得る。

- 1) ローカルポート (#2) のリスト: ポート#2、
- 2) VPN接続LSPのリスト
  - ・エッジノードB上のポート#1宛VPN接続LSP 4 = 送信用ラベル (B200-2-1)
  - ・エッジノードB上のポート#2宛VPN接続LSP 4 = 送信用ラベル (B200-2-2)
  - ・エッジノードC上のポート#2宛VPN接続LSP 4 = 送信用ラベル (B200-3-2)

更に、エッジノード管理テーブル2 (図13) を参照して、同報先を収容する各エッジノード宛のエッジ接続LSP 1への送信用の情報のリストを取得する。

- ・エッジノードB宛エッジ接続LSP 1 (送信用ラベル (ab1) = 出力ポート = (#10))
- ・エッジノードC宛エッジ接続LSP 1 (送信用ラベル (ac1) = 出力ポート = (#10))

VPN内同報手段12は更に、上で得られたVPN#200内の出力先のうち、受信ポート#2を除く3つの出力先に対し、フレームを複製して送信する。

【0160】・フレームの出力 (エッジノードA)

取得した全出力先に対し、フレームを送信する。その際は、出力先がローカルポートであればフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がフレームの先頭にラベルを付加してフレームを送信する。ユーザが送信したMACフレームを図22(a)に、ラベル付加後のフレームフォーマットを、図22(b)に示す。図中のShimヘッダとは、PPPリンクにおける既存のMPLS使用時に、レイヤ3ヘッダの前に付与されるヘッダである。ここでは、VPN内同報手段12で複製した各フレームについて、それぞれ以下のように図22(a)のMACヘッダの前にラベルをスタックして付与する。

- ・先頭のShimヘッダ内のラベル: エッジ接続LSP 1への送信用ラベル
- ・2段目のShimヘッダ内のラベル: VPN接続LSP 4への送信用ラベル

その結果、各フレームに付与されたラベルを以下に示す。(先頭から2段目のShim、1段目のShimの順番である)

- ・エッジノードB上のポート#1宛フレーム: (ab1) 及び (B200-2-1)
- ・エッジノードB上のポート#2宛フレーム: (ab1) 及び (B200-2-2)
- ・エッジノードC上のポート#2宛フレーム: (ab2) 及び (C200-2-2)

なお、Shimヘッダについては、Exp、S、TTLの各フィールドについては既存MPLSと同様に適当な値を入れる。

【0161】MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理: 以下、エッジノードBのポート#1宛に送信されたフレームの、MPLS網内での中継処理を説明する。

・ラベル付フレームの中継 (ノードab1, ab2)

エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードab1は、既存のMPLSの中継処理と同様に、ラベルフォワーディング手段11に従い、該ノード中のラベルテーブル10 (図15) を参照して、その結果1段目のShimヘッダ中のラベルを (ab2) に付け替えて、ポート#1からノードab2宛にフレームを送信する。

【0162】エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードab2は、同様に、ラベルフォワーディング手段11に従い、該ノード中のラベルテーブル10 (図15) を参照して、その結果1段目のShimヘッダ (ラベル値ab2を含むShimヘッダ) を削除して、ポート#1からノードB宛にフレームを送信する。

・出口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理 (エッジノードB): 以下、出口ノードBにおけるフレームの中継を説明する。

【0163】・ラベルフォワーディング手段 (エッジノードB)

MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードBは、ラベルフォワーディング手段11に従い、ラベルテーブル10 (図19) を参照して、その結果1段目のShimヘッダ (ラベル値 B200-2-1を含むShimヘッダ) を削除して、ポート#1からフレームを送信する。1段目のShimヘッダ削除後のフレームフォーマットを図22(c)に示す。

【0164】以上の処理を、フレームの出力のVPN内同報手段12でVPN#200内の同報先として複製した全フレームについて行うことにより、VPN#200内でのフレームの同報が可能となる。

【0165】次に、上記でユーザ網#100-2から送信されたフレームのレスポンスとして、ユーザ網#200-1から送信されたMACフレームを、ポート#1からエッジノードBが受信した場合の中継処理を説明する。

【0166】本MACフレームのアドレス:

- ・宛先MAC: 00:bb:aa:00:00:02
- ・送信元MAC: 00:aa:bb:00:00:01

入口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理 (エッジノードB): エッジノードBは、回線収容部内のポートからフレームを受信したので、L2フォワーディング手段7及びラベル付加手段9に従い、以下のフォワーディングプレーンでのフレームの中継を行う。

L2フォワーディング手段 (エッジノードB)

受信ポートに対応するVPNの識別

VPN定義テーブル3により、受信ポート#1に対応するVPNの識別子としてVPN#200を獲得する。

送信元MACに関する経路学習チェック

フレームの送信元MACをキーとして、VPN#200用のL2経路



テーブル6を検索する。

【0167】ヒット時はそのまま次の処理を行うが、この場合L2経路テーブル6（図21）にはMACアドレス00:aa:bb:00:00:01に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、エッジノードAのフォワーディング手段の送信元MACに関する経路学習チェックと同様に、経路登録手段32が同一VPN内の全L2経路テーブル6に、該送信元MACの経路を登録する。登録した結果を図23に示す。

#### 【0168】・宛先検索

フレームの宛先MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル6を検索する。ヒット時は、出力先のローカルポート、又はエッジ接続LSP及びVPN接続LSP4の情報を獲得し、ミスヒット時はVPN内同報手段12にフレームを渡す。

【0169】この場合L2経路テーブル6（図23）には、MACアドレス00:bb:aa:00:00:02が登録されているので検索にヒットし、出力先に関するエッジ接続LSPの情報（ラベル値ba1、出力ポート#10）及びVPN接続LSP4の情報（ラベル値A200-1-2）を獲得する。

#### 【0170】・フレームの出力（エッジノードB）

取得した出力先に対し、フレームを送信する。その際は、出力先がローカルポートであればフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がフレームの先頭にラベルを付加してフレームを送信する。この場合出力先がLSPなので、フォワーディング手段の動作にあるように同様にレイヤ3ヘッダの前に、フレームの先頭からラベル値ba1、ラベル値A200-1-2の順に、Shimヘッダを付与する。

MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理：

ラベル付フレームの中継（ノードba1、ba2）

エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードba1、ba2は、MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理のラベル付きフリー無中継の場合と同様に、既存のMPLSの中継処理により、1段目のShimヘッダを削除してノードA宛にフレームを送信する。

出口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードA）：

ラベルフォワーディング手段（エッジノードA）

MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードBは、ラベルフォワーディング手段11に従い、ラベルテーブル10（図19）を参照して、その結果1段目のShimヘッダ（ラベル値A200-1-2を含むShimヘッダ）を削除して、ポート#2からフレームを送信する。

【0171】以上により、本発明のシステムでは、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未決定時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できている。

【0172】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参

照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0173】図24は、第1の実施形態の具体例のLSP作成までのシーケンスを示す図である。まず、エッジノードA、B間に中継ノードab1、ab2があるものとする。エッジノードが互いに、既存のLSP作成手段を起動する。そして、次に、エッジノードA及びBにおいて、エッジノード管理テーブル2を作成する。また、次には、エッジノードA、B及び中継ノードab1、ab2において、ラベルテーブル10を作成する。これにより、エッジノードA、B間のエッジ接続LSP1が確立される。

【0174】次に、エッジノードA及びBにおいて、VPN定義テーブル3を作成し、VPN接続LSP作成用のネゴシエーションを行う。そして、ネゴシエーション後、VPN管理テーブル5を作成する。そして、エッジノードA、及びBにおいて、ラベルテーブル10を作成し、VPN接続LSP4が形成される。このVPN接続LSP4は、第1の実施形態との対応で述べると、発側のエッジノードの回線収容部から着側のエッジノードのポート間を結ぶLSPである。

【0175】図25、及び図26は、フレームフォワーディングのシーケンスを示す図である。まず、入口ノードであるエッジノードAがMACフレームを受信すると、L2フォワーディング手段7によって、VPN定義テーブル3から受信ポートに対応するVPNの識別子を獲得する。ここで、VPNの識別子をAとする。次に、経路学習チェックを行う。すなわち、VPN-A用のL2経路テーブル6を参照して、送信元MACの登録の有無を検索する。検索の結果ヒットしない場合には、経路登録手段8に経路登録依頼を出し、かつ、宛て先検索を行う。ヒットした場合には、宛て先検索だけを行う。

【0176】経路登録依頼においては、経路登録手段8が、VPN-A用のL2経路テーブル6を参照することによって、VPN-A用のL2経路テーブル6に該送信元MACの位置情報を登録する。このときは、送信元MACと受信ポートを登録する。そして、次に、VPN管理テーブル5を参照して、VPN-Aのポートを持つ全ノードのレイヤ3アドレスを獲得する。ここで、レイヤ3アドレスのリストを生成する。そして、獲得した各レイヤ3アドレスに対し、該送信元MACの位置情報を通知する。このときの通知内容は、VPNの識別子A、送信元MAC、受信ポート、受信ノードのレイヤ3アドレスである。出口ノードであるエッジノードBでは、エッジノードAからの通知の対応して、経路登録手段8において、通知元ポート宛て送信用ラベルをVPN管理テーブル5を参照して、獲得する。すなわち、VPN接続LSP4への送信用ラベルを獲得する。そして、エッジノード管理テーブル2を参照して、通知元ノード宛て送信用ラベル/ポートを獲得する。すなわち、エッジ接続L

SP1への送信用ラベル、送信用ポートを獲得する。次に、VPN-A用のL2経路テーブル6に通知されたMACの位置情報を登録する。すなわち、MAC、ノードA宛てエッジ接続LSP1への送信用ラベル、送信用ポート、通知されたポート宛てVPN接続LSP4への送信用ラベルを登録する。

【0177】一方、経路学習チェックにおいて、送信元MACがVPN-A用のL2経路テーブル6を検索した結果ヒットした場合には、L2フォワーディング手段7は、前記登録依頼は行わず、宛て先検索を行う。

【0178】宛て先検索においては、VPN-A用のL2経路テーブル6を参照して、送信先MACの登録有無の検索を行う。ヒットの場合には、出力先が他ノードの場合、VPN接続LSP4への送信用ラベル、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、送信用ポート、出力先がローカルポートの場合、送信先ポートを獲得する。そして、フレーム出力において、出力ポートがローカルポートか否かを判断し、ローカルポートの場合には、そのままフレームを送信し、出力ポートがローカルでない場合には、ラベル付加手段9によりラベルを付加してフレームを送信する。

【0179】また、宛て先検索において、送信先MACが登録されていない（ヒットでない）と判断された場合には、VPN内同報手段12に同報依頼を行う。VPN内同報手段12では、同報依頼を受けると、VPN-A内の全ポートリストをVPN管理テーブル5を参照して獲得し、獲得した各ポートについて、ポートに対する送信用の情報獲得を行う。すなわち、出力先ポートがローカルポートか否かを判断し、ローカルポートである場合には、出力先のポートを得る。また、出力先ポートがローカルポートでない場合には、各ポート宛てVPN接続LSP4への送信用ラベルをVPN管理テーブル5から獲得し、更に、各ポートを収容するノード宛てエッジ接続LSPへの送信ラベル/ポートを、エッジノード管理テーブル2を参照して獲得する。このとき獲得する情報は、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、送信用ポート、送信先ポートである。そして、全ポートについて、送信用の情報を求めた後に、VPN-A内のポートの内、受信ポートを除く全ポート数分フレームを複製する。以上の後、フレーム出力に進む。

【0180】フレーム出力では、出力ポートがローカルポートである場合には、フレームをそのまま送信し、ローカルポートでない場合には、ラベル付加手段9によりラベル付加を行って、フレームを送出する。

【0181】ラベルを付加されたフレームを受け取った出口ノードのラベルフォワーディング手段11では、ラベルに対応するフォワーディングのための情報をラベルテーブル10から獲得する。すなわち、出力先ポートの獲得やラベル操作を行う。そして、ラベルを削除して、フレームを送信する。

【0182】以下では、第2の実施形態の具体例を説明する。本実施の形態の具体例では、図12と同じVPNの構築を想定する。

・VPNの定義、及びLSPの作成（フレーム中継の事前準備）：まず、本実施形態のレイヤ2-VPNのシステム上でユーザ網間のフレームの中継にあたり、事前に行うLSP作成、及びVPN定義の流れを説明する。

・エッジ接続LSP構築

・エッジノード管理テーブル作成

10 エッジノードA, B, C間では、LDP等の既存LSP作成手段により、エッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を事前に作成し、作成したLSPを制御プレーンのエッジノード管理テーブル2に登録する。

【0183】エッジノード管理テーブル2には、LSPのパラメタとして、該LSPへの送信時にフレームに付与するラベル及び出力ポートを登録する。このようなテーブルは、MPLS網内のノード（エッジノード以外のノード）も作成するが、図13ではエッジノード以外については略記する。

20 ・ラベルテーブル作成

各MPLS網内のノード（エッジノード及びMPLS網内の各ノード）は、作成したLSPに従い、フォワーディングプレーンのラベルテーブル10を作成する。

・VPN定義及びVPN接続LSP構築

・VPN定義テーブル作成

図12で示したユーザ網とVPNの定義に従い、エッジノード内の各ポートに、所属するVPNを対応付ける。

・VPN接続LSP作成

30 各エッジノードは、他のエッジノードが収容するポートとVPNの対応の情報を所定のネゴシエーションにより取得し、自ノードが収容するVPNと同じVPNに所属する他ノード上の全ポートとの間で、双方向のLSP（VPN接続LSP4）を作成する。

【0184】上記ネゴシエーション及びVPN接続LSP20作成については第1の実施形態と同様、特にその手段は問わない。作成したVPN接続LSP4は、VPN管理テーブル5に登録するとともに、LSP逆変換テーブル25に、該VPN接続LSP4に対する逆方向のVPN接続LSP4及びエッジ接続LSP1の情報を、すなわち、受信ラベル毎の、逆方向のVPN接続LSP4への送信用ラベル、及びエッジ接続LSP1への送信用ラベルと出力ポートを登録する。

【0185】図27は、VPN接続LSP4作成時にフォワーディングプレーン上に作成するラベルテーブル10であり、図28は、制御プレーンに作成するLSP逆変換テーブル25である。

【0186】図29は、ここまでの処理で、図12のVPN構築のために作成したエッジ接続LSP1及びVPN接続LSP4である。図中には、VPN#200構築のためのLSPのみ記載し、VPN#100構築のためのLSPは略記する。

・入口ノードにおけるMACフレーム中継処理（エッジノードA）：上記の事前準備の後、ユーザ網#200-1から送信された

・宛先MAC : 00:aa:bb:00:00:01

・送信元MAC : 00:bb:aa:00:00:02

のMACフレームを、ポート#2から受信したエッジノードAは、回線収容部内のポートからフレームを受信したので、L2フォワーディング手段55及びラベル付加手段9に従い、以下のフォワーディングプレーンでのフレームの中継を行う。なお、この時点でL2経路テーブル21には、前記宛先MACの経路は未登録とする。

・L2フォワーディング手段（エッジノードA）

以下、エッジノードAのL2フォワーディング手段55が行う処理を説明する。

・受信ポートに対応するVPNの識別

VPN定義テーブル3により、受信ポート#2に対応するVPNの識別子としてVPN#200を獲得する。

・送信元MACに関する経路学習チェック

送信元MACをキーとして、受信ポート#2用のL2経路テーブル21を検索する。

【0187】ヒット時はそのまま次の宛て先検索の処理を行うが、この場合L2経路テーブル21にはMACアドレス00:bb:aa:00:00:02に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、経路未登録であることを入口経路登録手段23に通知し、入口経路登録手段23は以下の処理を行い、受信ポート用の全L2経路テーブル21に、該送信元MACの経路を登録する。

【0188】送信元MACと受信ポートの対を、受信ポート#2用のL2経路テーブル21に登録する。

・宛先検索

フレームの宛先MACをキーとして、ポート#2用のL2経路テーブル21を検索する。

【0189】ヒット時は、出力先のローカルポート、又はエッジ接続LSP及びVPN接続LSP4の情報を獲得するが、この場合L2経路テーブル21にはMACアドレス00:aa:bb:00:00:01に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、VPN内同報手段12にフレームを渡す。

【0190】VPN内同報手段12は、VPN内の全ポート宛にフレームを同報する。同報手段については本実施形態では、その手段は問わないが、ここではVPN内の全ポートに対して入口ノードがフレームを複製して送信する例を示す。

【0191】即ち、VPN内同報手段12は、VPN管理テーブル5を参照して、VPN#200に所属するローカルポート番号、及び他ノード上のポートの情報を得る。

1) ローカルポート（#2）のリスト：ポート#2

2) VPN接続LSPのリスト

・エッジノードB上のポート#1宛VPN接続LSP20

・エッジノードB上のポート#2宛VPN接続LSP20

・エッジノードC上のポート#2宛VPN接続LSP20

更に、エッジノード管理テーブル2を参照して、同報先ポートを収容する各エッジノード宛のエッジ接続LSP1への送信用の情報のリストを取得する。

・エッジノードB宛エッジ接続LSP1への送信用ラベル(ab1)、出力ポート（#10）

・エッジノードC宛エッジ接続LSP1への送信用ラベル(ac1)、出力ポート（#10）

VPN内同報手段12は更に、上で得られたVPN#200内の出力先のうち、受信ポート#2を除く3つの出力先に対し、フレームを複製して送信する。

・フレームの出力（エッジノードA）

取得した全出力先に対し、フレームを送信する。その際は、出力先がローカルポートであればフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がフレームの先頭にラベルを付加してフレームを送信する。

・MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理：以下、エッジノードBのポート#1宛に送信されたフレームの、MPLS網内での中継処理を説明する。

・ラベル付フレームの中継（ノードab1、ab2）

エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードab1は、既存のMPLSの中継処理と同様に、ラベルフォワーディング手段11に従い、該ノード中のラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダ中のラベルを(ab2)に付け替えて、ポート#1からノードab2宛にフレームを送信する。

【0192】エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードab2は、同様に、ラベルフォワーディング手段11に従い、該ノード中のラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダ（ラベル値ab2を含むShimヘッダ）を削除して、ポート#1からノードB宛にフレームを送信する。

・出口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードB）：以下、出口ノードBにおけるフレームの中継を説明する。

・ラベルフォワーディング手段（エッジノードB）

MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードBは、ラベルフォワーディング手段11に従い、ラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダを削除するとともに、対応する出力ポートを得る。

・経路登録確認手段（エッジノードB）

経路登録確認手段26は、ラベルフォワーディング手段（エッジノードB）で得られた出力ポート用のL2経路テーブル21を、フレーム中の送信元MACにより検索して、ミスヒット時には経路未登録として出口経路登録手段27に通知する。この場合ミスヒットするので、経路未登録と通知された出口経路登録手段27は、受信した

VPN接続LSP4の折り返しとなるVPN接続LSP

4及びエッジ接続LSP1をLSP逆変換テーブル25から求め、該ポート用のL2経路テーブル21に登録して、ポート#1からフレームを送信する。

【0193】以上の処理を、フレーム出力（エッジノードA）のVPN内同報手段12でVPN#200内の同報先として複製した全フレームについて行うことにより、VPN#200内でのフレームの同報が可能となる。

【0194】次に、上記でユーザ網#100-2から送信されたフレームのレスポンスとして、ユーザ網#200-1から送信されたMACフレームを、ポート#1からエッジノードBが受信した場合の中継処理を説明する。

・本MACフレームのアドレス:

・宛先MAC : 00:bb:aa:00:00:02

・送信元MAC : 00:aa:bb:00:00:01

・入口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードB）: エッジノードBは、回線収容部内のポートからフレームを受信したので、L2フォワーディング手段55及びラベル付加手段9に従い、以下のフォワーディングプレーンでのフレームの中継を行う。

・L2フォワーディング手段（エッジノードB）

・受信ポートに対応するVPNの識別

VPN定義テーブル3により、受信ポート#1に対応するVPNの識別子としてVPN#200を獲得する。

・送信元MACに関する経路学習チェック

フレームの送信元MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル21を検索する。

【0195】ヒット時はそのまま次の処理を行うが、この場合L2経路テーブル21にはMACアドレス00:aa:bb:00:00:01に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、送信元MACに関する経路学習チェックと同様に、経路登録手段8が同一VPNに所属する各ポート用のL2経路テーブル21に、該送信元MACの経路を登録する。

・宛先検索

フレームの宛先MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル21を検索する。

【0196】ヒット時は、出力先のローカルポート、又はエッジ接続LSP及びVPN接続LSP4の情報を獲得し、ミスヒット時はVPN内同報手段12にフレームを渡す。この場合L2経路テーブル21には、MACアドレス00:bb:aa:00:00:02が登録されているので検索にヒットし、出力先に関するエッジ接続LSPの情報（ラベル値ba1、出力ポート#10）及びVPN接続LSP4の情報を獲得する。

・フレームの出力（エッジノードB）

取得した出力先に対し、フレームを送信する。その際は、出力先がローカルポートであればフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がフレームの先頭にラベルを付加してフレームを送信する。この場合出力先がLSPなので、レイヤ2ヘッダの前に

Shimヘッダを付与する。

・MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理:

・ラベル付フレームの中継（ノードba1、ba2）

エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードba1、ba2

は、ラベル付きフレームの中継（ノードab1、ab2）と同様に、既存のMPLSの中継処理により、1段目のS

himヘッダを削除してノードB宛にフレームを送信する。

・出口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードA）:

10 ・ラベルフォワーディング手段（エッジノードA）

MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードBは、ラベルフォワーディング手段11に従い、ラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダを削除するとともに、対応する出力ポートを得る。

・経路登録確認手段（エッジノードB）

経路登録確認手段26は、上記ラベルフォワーディング手段（エッジノードA）で得られた出力ポート用のL2経路テーブル21を、フレーム中の送信元MACにより検索して、ミスヒット時には経路未登録として出口経路登録手段27に通知する。この場合ヒットするので、そのままポート#2からフレームを送信する。

【0197】以上により、本発明のシステムでは、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未決定時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できている。

【0198】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

【0199】図30は、第2の実施形態の具体例のLSP作成までのシーケンスを示す図である。ここでは、エッジノードA、Bの間に中継ノードab1、ab2が設けられているとする。まず、エッジノードAとBで既存LSP作成手段を起動する。そして、エッジノードAとBにおいて、エッジノード管理テーブル2を作成する。次に、エッジノードA、B、中継ノードab1、ab2において、ラベルテーブル10を作成する。これにより、エッジ接続LSP1が確立される。

40 【0200】次に、エッジノードA、Bにおいて、VPN定義テーブル3を作成し、エッジノードAとBでVPN接続LSP作成用のネゴシエーションを行う。そして、エッジノードA、Bで、VPN管理テーブル5を作成する。そして、エッジノードA、Bにおいて、LSP逆変換テーブル25を作成し、各ノードにおいてラベルテーブル10を作成することによって、VPN接続LSP20が形成される。すなわち、エッジノードの入口ノードのポートから出口ノードのポートへの接続が確立される。

50 【0201】図31及び図32は、フレームフォワーデ

イングのシーケンスを示す図である。まず、入口ノードであるエッジノードAにおいて、MACフレームが受信されると、L2フォワーディング手段22が起動し、受信ポートに対応するVPNの識別子をVPN定義テーブル3を参照して獲得する。ここで、VPNの識別子はAとする。

【0202】次に、経路学習チェックにおいて、送信元MACの登録の有無を受信ポート用L2経路テーブル21を参照して検索する。ヒットした場合には、宛て先検索に進む。ヒットしなかった場合には、入口経路登録手段23に経路登録依頼を出し、宛て先検索に進む。

【0203】入口経路登録手段23では、受信ポート用のL2経路テーブル21に該送信元MACの位置情報を登録する。すなわち、送信元MACと受信ポートを登録する。

【0204】宛て先検索では、送信先MACの登録の有無を受信ポート用のL2経路テーブル21を参照して検索し、ヒットしたら、フレーム出力に進む。このとき、出力先が他ノードの場合には、VPN接続LSP20への送信用ラベル、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、送信用ポートをフレーム出力に送り、出力先がローカルポートの場合には、送信先ポートをフレーム出力に送る。

【0205】送信先MACの登録の有無の検索において、ヒットしなかったと判断された場合には、VPN内同報手段12に同報依頼を出す。VPN内同報手段12では、VPN-A内の全ポートリストをVPN管理テーブル5から獲得し、獲得した全ポートに対する送信用の情報獲得を行う。すなわち、各出力ポートについて、出力先ポートがローカルポートか否かを判断し、YESの場合には、送信用の情報として送信先ポートを得る。出力先ポートがローカルポートでない場合は、送信用の情報として、該ポート宛てVPN接続LSP20への送信用ラベルをVPN管理テーブル5から獲得し、更に、各ポートを収容するノード宛て送信用ラベル/ポート獲得をエッジノード管理テーブル2を参照して行う。このとき獲得する情報は、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、送信用ポート、送信先ポートである。そして、全ポートについて、送信用の情報を求めた後に、VPN-A内のポートの数分のフレームを複製する。以上の後、フレーム出力に進む。

【0206】宛て先検索において、送信先MACの登録の有無の検索結果がヒットであった場合のフレーム出力では、出力先ポートがローカルポートであるか否かを判断し、ローカルポートである場合には、フレームを送信し、ローカルポートでない場合には、ラベル付加手段9によりラベル付加を行い、フレームを送信する。また、同報する場合のフレーム出力においても、出力先ポートがローカルポートであるか否かを判断し、ローカルポートである場合には、フレームを送信し、出力先ポートが

ローカルポートでない場合には、ラベル付加手段9によりラベル付加を行い、フレームを送信する。

【0207】フレームを受信した出口ノードでは、ラベルフォワーディング手段11において、受信したフレームのラベルに対応するフォワーディングのための情報をラベルテーブル10から取得する。ここでは、出力先ポートを取得し、ラベル操作を行う。そして、ポート間の転送用であるラベルを削除し、経路登録確認手段26において、送信元MACの登録の有無を出力先ポート用のL2経路テーブル21を用いて検索する。検索の結果、ヒットの場合には、フレームを出力する。ヒットでない場合には、出口経路登録手段26に経路登録依頼をする。

【0208】出口経路登録手段26では、受信VPN接続LSP20の折り返しとなるLSPへの送信用ラベル/ポートをLSP逆変換テーブル25を参照して獲得する。ここで、獲得されるのは、エッジ接続LSP1への送信用ラベル、送信用ポート、VPN接続LSP20への送信用ラベルなどである。そして、出力先ポート用のL2経路テーブル21に該送信元MACの位置情報を登録する。すなわち、送信元MACと受信ポートを登録する。このとき、経路登録手段26は、出力先ポート用のL2経路テーブル21を参照する。

【0209】以下は、第3の実施の形態に対応する具体例を説明する。本実施の形態の具体例では、図12と同じVPNの構築を想定する。

・VPNの定義、及びLSPの作成（フレーム中継の事前準備）：まず、本発明のレイヤ2-VPNのシステム上でユーザ網間のフレームの中継にあたり、事前に行うLSP作成、及びVPN定義の流れを説明する。

・エッジ接続LSP構築

・エッジノード管理テーブル作成

エッジノードA、B、C間では、LDP等の既存LSP作成手段により、エッジノード間を相互に接続するエッジ接続LSP1を事前に作成し、作成したLSPを制御プレーンのエッジノード管理テーブル2に登録する。

【0210】テーブルには、LSPのパラメタとして、該LSPへの送信時にフレームに付与するラベル及び出力ポートを登録する。このようなテーブルは、MPLS網内のノード（エッジノード以外のノード）も作成するが、図13ではエッジノード以外については略記する。

・ラベルテーブル作成

各MPLS網内のノード（エッジノード及びMPLS網内の各ノード）は、作成したLSPに従い、フォワーディングプレーンのラベルテーブル10を作成する。

・VPN定義及びVPN接続LSP構築

・VPN定義テーブル作成

図12で示したユーザ網とVPNの定義に従い、エッジノード内の各ポートに、所属するVPNを対応付ける。

・VPN接続LSP作成

各エッジノードは、他のエッジノードが収容するポートとVPNの対応の情報を何らかのネゴシエーションにより取得し、自ノードが収容するVPNと同じVPNに所属する他ノード上の全ポートとの間で、双方向のLSP (VPN接続LSP[20]) を作成する。

【0211】上記のネゴシエーション及びVPN接続LSP 20 作成については、第1の実施形態1と同様、特にその手段を問わない。作成したVPN接続LSP 20 は、VPN管理テーブル5に登録するとともに、LSP逆変換テーブル25に、該VPN接続LSP 20 に対する逆方向のVPN接続LSP 20 及びエッジ接続LSP 1 の情報を、すなわち、受信ラベル毎の、逆方向のVPN接続LSP 20 への送信用ラベル、及びエッジ接続LSP 1 への送信用ラベルと出力ポートを登録する。

【0212】以下、VPN接続LSP 20 作成時に、フォワーディングプレーン上に作成するラベルテーブル10を図27に、制御プレーンに作成するLSP逆変換テーブル25を図28にそれぞれ示す。

【0213】ここまでの処理で、図12のVPN構築のために作成したエッジ接続LSP 1 及びVPN接続LSP 20 を図29に示す。図中には、VPN#200構築のためのLSPのみ記載し、VPN#100構築のためのLSPは略記する。

・入口ノードにおけるMACフレーム中継処理 (エッジノードA) : 上記の事前準備の後、ユーザ網#200-1から送信された

・宛先MAC : 00:aa:bb:00:00:01

・送信元MAC : 00:bb:aa:00:00:02

のMACフレームを、ポート#2から受信したエッジノードAは、回線収容部内のポートからフレームを受信したので、L2フォワーディング手段22及びラベル付加手段9に従い、以下のフォワーディングプレーンでのフレームの中継を行う。なお、この時点でL2経路テーブル21には、前記宛先MACの経路は未登録とする。

・L2フォワーディング手段 (エッジノードA)

以下、エッジノードAのL2フォワーディング手段22が行う処理を説明する。

・受信ポートに対応するVPNの識別

VPN定義テーブル3により、受信ポート#2に対応するVPNの識別子としてVPN#200を獲得する。

・送信元MACに関する経路学習チェック

送信元MACをキーとして、受信ポート#2用のL2経路テーブル21を検索する。ヒット時はそのまま次の宛て先検索の処理を行うが、この場合L2経路テーブル21にはMACアドレス00:bb:aa:00:00:02に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、経路未登録であることを経路登録手段8に通知し、経路登録手段8は以下の処理を行い、同一VPNに属する全ポート用のL2経路テーブル21に、該送信元MACの経路を登録する。

・送信元MACと受信ポートの対を、受信ポート用のL2経路テーブル21に登録する。

・VPN管理テーブル5から、VPN#200に属するポートを持つエッジノードのレイヤ3アドレス (B, C) を獲得する。  
・ノードB, Cに対し、該VPN内の新たな経路として、{VPN#200、前記送信元MAC、ポート#2、レイヤ3アドレス(A)} の組み合わせを通知する。

【0214】通知を受けたエッジノードB, Cは、前記通知のポート#2に対応するVPN接続LSP 20 への送信用ラベル、及びアドレスAへのエッジ接続LSPへの送信用ラベル及び出力ポートを、それぞれVPN管理テーブル5 (図18)、エッジノード管理テーブル2 (図13) から獲得し、VPN#200に属する全ポート用のL2経路テーブル (図21) に登録する。

・宛先検索

フレームの宛先MACをキーとして、ポート#2用のL2経路テーブルを検索する。

【0215】ヒット時は、出力先のローカルポート、又はエッジ接続LSP及びVPN接続LSP 20 の情報を獲得するが、この場合L2経路テーブル21にはMACアドレス00:aa:bb:00:00:01に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、VPN内同報手段12にフレームを渡す。

【0216】VPN内同報手段12は、VPN内の全ポート宛にフレームを同報する。同報手段については本実施形態ではその手段は問わないが、ここではVPN内の全ポートに対して入口ノードがフレームを複製して送信する例を示す。

【0217】即ち、VPN内同報手段12は、VPN管理テーブル5を参照して、VPN#200に所属するローカルポート番号、及び他ノード上のポートの情報を得る。

1) ローカルポートのリスト: ポート#2

2) VPN接続LSPのリスト

・エッジノードB上のポート#1宛VPN接続LSP 20

・エッジノードB上のポート#2宛VPN接続LSP 20

・エッジノードC上のポート#2宛VPN接続LSP 20

更に、エッジノード管理テーブル2を参照して、同報先ポートを収容する各エッジノード宛のエッジ接続LSP 1 への送信用の情報のリストを取得する。

・エッジノードB宛エッジ接続LSP 1 への送信用ラベル (ab1)、出力ポート (#10)

・エッジノードC宛エッジ接続LSP 1 への送信用ラベル (ac1)、出力ポート (#10)

VPN内同報手段12は更に、上で得られたVPN#200内の出力先のうち、受信ポート#2を除く3つの出力先に対し、フレームを複製して送信する。

・フレームの出力 (エッジノードA)

取得した全出力先に対し、フレームを送信する。その際は、出力先がローカルポートであればフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がフレームの先頭にラベルを付加してフレームを送信する。

・MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理：以下、エッジノードBのポート#1宛に送信されたフレームの、MPLS網内での中継処理を説明する。

・ラベル付フレームの中継（ノードab1、ab2）

エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードab1は、既存のMPLSの中継処理と同様に、ラベルフォワーディング手段11に従い、該ノード中のラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダ中のラベルを（ab2）に付け替えて、ポート#1からノードab2宛にフレームを送信する。

【0218】エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードab2は、同様に、ラベルフォワーディング手段11に従い、該ノード中のラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダ（ラベル値ab2を含むShimヘッダ）を削除して、ポート#1からノードB宛にフレームを送信する。

・出口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードB）：以下、出口ノードBにおけるフレームの中継を説明する。

・ラベルフォワーディング手段（エッジノードB）

MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードBは、ラベルフォワーディング手段11に従い、ラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダを削除するとともに、出力ポート#1からフレームを送信する。

【0219】以上の処理を、フレーム出力（エッジノードA）のVPN内同報手段12でVPN#200内の同報先として複製した全フレームについて行うことにより、VPN#200内でのフレームの同報が可能となる。

【0220】次に、上記でユーザ網#100-2から送信されたフレームのレスポンスとして、ユーザ網#200-1から送信されたMACフレームを、ポート#1からエッジノードBが受信した場合の中継処理を説明する。

・本MACフレームのアドレス：

・宛先MAC：00:bb:aa:00:00:02

・送信元MAC：00:aa:bb:00:00:01

・入口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードB）：エッジノードBは、回線収容部内のポートからフレームを受信したので、L2フォワーディング手段31及びラベル付加手段9に従い、以下のフォワーディングプレーンでのフレームの中継を行う。

・L2フォワーディング手段（エッジノードB）

・受信ポートに対応するVPNの識別

VPN定義テーブル3により、受信ポート#1に対応するVPNの識別子としてVPN#200を獲得する。

・送信元MACに関する経路学習チェック

フレームの送信元MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル21を検索する。

【0221】ヒット時はそのまま次の処理を行うが、この場合L2経路テーブル21にはMACアドレス00:aa:bb:0

0:00:01に関する経路は未登録であり、検索にミスヒットするので、L2フォワーディング手段（エッジノードA）の送信元MACに対する経路学習チェックと同様に、経路登録手段8が同一VPNに所属する各ポート用のL2経路テーブル21に、該送信元MACの経路を登録する。

・宛先検索

フレームの宛先MACをキーとして、VPN#200用のL2経路テーブル21を検索する。

【0222】ヒット時は、出力先のローカルポート、又はエッジ接続LSP及びVPN接続LSP20の情報を獲得し、ミスヒット時はVPN内同報手段12にフレームを渡す。この場合L2経路テーブル21には、MACアドレス00:bb:aa:00:00:02が登録されているので検索にヒットし、出力先に関するエッジ接続LSPの情報（ラベル値ba1、出力ポート#10）及びVPN接続LSP20の情報を獲得する。

・フレームの出力（エッジノードB）

取得した出力先に対し、フレームを送信する。その際は、出力先がローカルポートであればフレームをそのまま送信し、出力先がLSPであれば、ラベル付加手段9がフレームの先頭にラベルを付加してフレームを送信する。この場合出力先がLSPなので、レイヤ2ヘッダの前にShimヘッダを付与する。

・MPLS中継ノードにおけるMPLSフレーム中継処理：

・ラベル付フレームの中継（ノードba1、ba2）

エッジノード間の途中経路のMPLS中継ノードba1、ba2は、ラベル付きフレームの中継（ノードab1、ab2）と同様に、既存のMPLSの中継処理により、1段目のShimヘッダを削除してノードA宛にフレームを送信する。

・出口ノードにおけるMPLSフレーム中継処理（エッジノードA）：

・ラベルフォワーディング手段（エッジノードA）

MPLS網収容部内のポートからフレームを受信したエッジノードBは、ラベルフォワーディング手段11に従い、ラベルテーブル10を参照して、その結果1段目のShimヘッダを削除するとともに、対応する出力ポートを得る。

【0223】以上により、本発明のシステムでは、送信元MACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未決定時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できている。

【0224】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がしやすい。

【0225】図33は、第3の実施形態の具体例におけるLSP作成までのシーケンスを示す図である。まず、エッジノードAとBの間に、中継ノードab1、ab2を介して、既存のLSP作成手段が起動される。そして、エッジノードAとBにおいて、エッジノード管理テーブル2を作成する。次に、エッジノードA、B、中継

ノード a b 1、a b 2 において、ラベルテーブル 10 が作成される。これにより、エッジ接続 L S P 1 が確立される。

【0226】次に、エッジノード A と B において、VPN 定義テーブル 3 を作成し、VPN 接続 L S P 作成用のネゴシエーションが行われる。更に、エッジノード A と B において、VPN 管理テーブル 5 が作成される。そして、エッジノード A、B、中継ノード a b 1、a b 2 において、ラベルテーブル 10 が作成される。以上により、VPN 接続 L S P 20 が確立される。この VPN 接続 L S P 20 は、エッジノード A のポートからエッジノード B のポートを結ぶ L S P である。

【0227】図 34 及び図 35 は、フレームフォワーディングのシーケンスを表す図である。まず、入口ノードであるエッジノード A において、MAC フレームが受信されると、L2 フォワーディング手段 31 において、受信ポートに対応する VPN の識別子を VPN 定義テーブル 3 を参照して、獲得する。VPN の識別子は A である。次に、経路学習チェックに進む。まず、送信元 MAC の登録の有無を受信ポート用の L2 経路テーブル 21 を参照して、検索する。ヒットした場合には、宛て先検索に進む。ヒットしなかった場合には、経路登録手段 32 に経路登録依頼を行い、宛て先検索に進む。

【0228】経路登録手段 32 では、受信ポート用の L2 経路テーブル 21 に該送信元 MAC の位置情報を登録する。このとき、送信元 MAC と受信ポートが登録される。そして、VPN-A のポートを持つ全ノードのレイヤ 3 アドレスを VPN 管理テーブル 5 から獲得する。このとき、レイヤ 3 のアドレスのリストが生成される。獲得した各レイヤ 3 アドレスに対し該送信元 MAC の位置情報を通知する。このとき、通知には、VPN の識別子 A、送信元 MAC、受信ポート、受信ノードのレイヤ 3 アドレスが含まれる。

【0229】通知を受け取った出口ノードでは、経路登録手段 32 が、通知元ポート宛て送信用ラベルを VPN 管理テーブル 5 から獲得する。すなわち、VPN 接続 L S P 20 への送信用ラベルが獲得される。そして、通知元ノード宛て送信用ラベル/ポートをエッジノード管理テーブル 2 から獲得する。このとき、エッジ接続 L S P 1 への送信用ラベル、送信用ポートが獲得される。そして、VPN-A に属する全ポート用の L2 経路テーブル 21 に通知された MAC の位置情報を VPN-A 用の L2 経路テーブル 21 に登録する。ここでは、MAC、ポート、ノード A 宛てエッジ接続 1 への送信用ラベル、送信用ポート、通知されたポート宛て VPN 接続 L S P 20 への送信用ラベルが登録される。

【0230】一方、エッジノード A では、宛て先検索において、送信先 MAC の登録の有無を受信ポート用の L2 経路テーブル 21 を参照して検索する。ヒットの場合には、フレーム出力へ進む。フレーム出力を行うに際し

ては、出力先が他ノードの場合、VPN 接続 L S P 20 への送信用ラベル、エッジ接続 L S P 1 への送信用ラベル、送信用ポート、出力先がローカルポートの場合には、送信先ポートが決定される。

【0231】送信先 MAC の登録の有無の検索において、ヒットしなかったと判断された場合には、VPN 内同報手段 12 に同報依頼を出す。VPN 内同報手段 12 では、VPN-A 内の全ポートリストを VPN 管理テーブル 5 から獲得し、獲得した全ポートに対する送信用の情報獲得を行う。すなわち、各出力ポートについて、出力先ポートがローカルポートか否かを判断し、YES の場合には、送信用の情報として送信先ポートを得る。出力先ポートがローカルポートでない場合は、送信用の情報として、該ポート宛て VPN 接続 L S P 20 への送信用ラベルを VPN 管理テーブル 5 から獲得し、更に、各ポートを収容するノード宛て送信用ラベル/ポート獲得をエッジノード管理テーブル 2 を参照して行う。このとき獲得する情報は、エッジ接続 L S P 1 への送信用ラベル、送信用ポート、送信先ポートである。そして、全ポートについて、送信用の情報を求めた後に、VPN-A 内のポートの数分のフレームを複製する。以上の後、フレーム出力に進む。

【0232】フレーム出力では、送出すべきフレームの出力先ポートがローカルポートか否かを判断し、ローカルポートである場合には、フレームを送信し、ローカルポートでない場合には、ラベル付加手段によりラベル付加を行い、フレームを送信する。

【0233】フレームを受信する出口ノードでは、ラベルフォワーディング手段 11 が、ラベルに対応するフォワーディングのための情報をラベルテーブル 10 から獲得する。すなわち、出力先ポートを獲得し、ラベル操作を行う。そして、煎らなくなったラベルを削除し、フレームを送信する。

【0234】以上説明した中でも、主に、第 1 の実施形態と第 2 の実施形態における L2 経路テーブルは、第 1 の実施形態では、L2 経路テーブルは、VPN の識別子単位で L2 経路テーブルを持つが、第 2 の実施形態の L2 経路テーブルは、ポート単位で L2 経路テーブルを持っているところが異なっているのである。

【0235】この差は、前者では回線収容部からポートに対して LSP を張っているのに対し、後者ではポート間で LSP を張っていることに起因する。即ち、宛先検索処理は、いずれの場合でも L2 経路テーブルを見て宛先を決定するが、

- ・後者では、フレームを受信したポートがどのポートかにより、たとえ送り先のポートが同じでも、別の LSP が宛先となる為、ポート単位で LSP を持つ必要がある。

- ・それに対して、前者では、ある送り先ポートについて、受信フレームの属する VPN の番号が分かれば、送り先の LSP が特定できる為、VPN 単位で LSP を持てばよいと



言う差が生じている。

【0236】また、第1～第3の実施の形態において、この例ではLocal中継時にはL2ラベルをつけずにエッジノード内で中継処理を行う例を示したが、Local中継かノード間の中継かによらずラベル付加/削除処理を統一化するため、Local中継時にも装置内で一時的にL2ラベルをつけ、送信前にL2ラベルを削除するようにしても良い。また、Local中継用に、ノード間の中継と同様なLSPを張っても良い（即ち、第1の実施形態であれば、一つの装置内で回線収容部→ポート間に、第2、3の実施形態であれば、一つの装置内でポート→ポート間にVPN接続LSPを張っても良い）

また、第1～第3の実施の形態において、VPN内同報手段を入口ノード内で行う例を示したが、入口ノード内の処理の軽減の為、例えば別のノード（例えば同報処理を専用に行うノード）を用意し、同報処理をそのノードで行うようにしても良い

更に、第2の実施の形態において、入口/出口経路登録手段が、受信ポート用のL2経路テーブルのみに経路情報を登録する例を示したが、受信ポート用テーブルだけでなく、受信VPNと同一VPN内の全ポートのうち装置内に存在する全ポート用のテーブルに登録しても良い。即ち、入口/出口経路登録手段が、受信ポート用のL2経路テーブルへの登録だけでなく、以下のような処理を行っても良い。

- ・受信VPNと同一VPN内の全ポートをVPN管理テーブルから獲得
  - ・そのうち、装置内に存在する同一VPN内の全ポートのリストを抽出
  - ・これらのポート用のL2経路テーブルに経路情報を登録
- 第1～第3の実施の形態において、ここでは

- 1、経路学習
- 2、宛先検索

の順に処理を行う例を示したが、この順番を逆にしても良い。即ち

- 1、宛先検索
- 2、経路学習

の順番で処理を行っても良い。

【0237】本発明の第4、5、6の実施形態では、入口エッジノードは、ユーザ網から受信したVLANのヘッダ付きフレームにそのままShimヘッダを付けて出口エッジノードまで送信するように記載したが、MPLS網内でのヘッダ長を減らすことで帯域の節約をできるように、入口エッジノードはVLANのヘッダを削除し、出口エッジノードで改めて付けるようにしても良い。

【0238】本発明の第4、5、6の実施形態では、異なるVIDが割り振られたVLANネットワーク間を接続できるように、入口エッジノードはユーザ網から受信したVLANのヘッダ付きフレームからVLANのヘッダを削除し、出口エッジノードでは接続先のVLANネ

ットワークに割り振ったVIDを含むVLANのヘッダを付加する様にしても良い。

【0239】または、入口エッジノードはユーザ網から受信したVLANのヘッダ付きフレームからVLANのヘッダを削除せずに、Shimヘッダを付けて出口エッジノードまで送信し、出口エッジノードでは接続先のVLANネットワークに割り振ったVIDにVLANのヘッダ中のVIDフィールドを置換するようにしても良い。

【0240】（付記1）公衆網を介して第1と第2のレイヤ2ネットワーク（Virtual Private Network）を接続、中継するシステムであって、該第1のレイヤ2ネットワークと該第2のレイヤ2ネットワークを対応付けて、MPLSのコネクションを確立するコネクション確立手段と、該システムに接続される第1のレイヤ2ネットワークとMPLSコネクションとの対応を格納する格納手段と、該第1のレイヤ2ネットワークからフレームを受け取った場合に、該格納手段から該フレームを送出すべきMPLSコネクションを取得し、該MPLS（MultiProtocol Label Switching）コネクションに送出する送出手段と、該第1のレイヤ2ネットワークから受け取ったフレームに対応するMPLSコネクションが該格納手段に格納されていない場合に、該フレームを同報する同報手段と、を備えることを特徴とする中継システム。

【0241】（付記2）物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、前記第1のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムの回線収容部から前記第2のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムのポートに対して確立されることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0242】（付記3）物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、第1のVLANが収容される回線収容部から第2のVLANを収容する論理的なポートに対して確立されることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0243】（付記4）物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、前記第1のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムのポートから前記第2のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムのポートに対して確立されることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0244】（付記5）物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、フレーム受信時に識別したレイヤ2ネットワークに対応する前記格納手段の格納情報にフレーム中の送信元アドレスと受信ポートの対応を登録すると共に、該公衆網内で同一レイヤ2ネットワークに対応付けたポートを有する全エッジノ

ドに該対応を通知し、該送信元アドレスと該受信ポート宛てのMPLSコネクションの対応を登録させることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0245】(付記6)物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、MPLSコネクションからフレームを受信した場合に、フレーム中の送信元アドレスと、宛て先を該コネクションの送信元ポートとして送信元を該コネクションの出力先ポートとするMPLSコネクションと、対応付けて登録することを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0246】(付記7)前記公衆網からフレームを受信した前記中継システムは、フレーム中のラベルに応じた出力先を獲得して、ラベル削除をした後、フレームを送信することを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0247】(付記8)前記第1のレイヤ2ネットワークと第2のレイヤ2ネットワークがともにIEEE802.1Qで定められたVLAN(IEEE802.1Q Virtual LAN)で運用されるレイヤ2ネットワークであって、物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、第1のVLANを収容する論理的なポートから第2のVLANを収容する論理的なポートに対して確立されることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0248】(付記9)前記公衆網は、MPLS網であることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

(付記10)前記フレームは、MACフレームであることを特徴とする付記1に記載の中継システム。

【0249】(付記11)公衆網を介して第1と第2のレイヤ2ネットワークを接続して、VPN(Virtual Private Network)を構成する方法であって、該第1のレイヤ2ネットワークと該第2のレイヤ2ネットワークを対応付けて、MPLSのコネクションを確立するコネクション確立ステップと、該システムに接続される第1のレイヤ2ネットワークとMPLSコネクションとの対応を格納する格納ステップと、該第1のレイヤ2ネットワークからフレームを受け取った場合に、該格納手段から該フレームを送出すべきMPLSコネクションを取得し、該MPLSコネクションに送出する送出ステップと、該第1のレイヤ2ネットワークから受け取ったフレームに対応するMPLSコネクションが該格納手段に格納されていない場合に、該フレームを同報する同報ステップと、を備えることを特徴とする中継方法。

【0250】(付記12)物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、前記第1のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムの回線収容部から前記第2のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムの出力ポートに対して確立されることを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0251】(付記13)物理インターフェース又は論

理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、第1のVLANが収容される回線収容部から第2のVLANを収容する論理的なポートに対して確立されることを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0252】(付記14)物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、前記MPLSコネクションは、前記第1のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムの入力ポートから前記第2のレイヤ2ネットワークが接続される中継システムの出力ポートに対して確立されることを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0253】(付記15)物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、フレーム受信時に識別したレイヤ2ネットワークに対応する前記格納ステップの格納情報にフレーム中の送信元アドレスと受信ポートの対応を登録すると共に、該公衆網内で同一レイヤ2ネットワークに対応付けたポートを有する全エッジノードに該対応を通知し、該送信元アドレスと該受信ポート宛てのMPLSコネクションの対応を登録させることを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0254】(付記16)物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、MPLSコネクションからフレームを受信した場合に、フレーム中の送信元アドレスと、宛て先を該コネクションの送信元ポートとして送信元を該コネクションの出力ポートとするMPLSコネクションと、を対応付けて登録することを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0255】(付記17)前記公衆網からフレームを受信した前記中継システムは、フレーム中のラベルに応じた出力先を獲得して、ラベル削除をした後、フレームを送信することを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0256】(付記18)第1のレイヤ2ネットワークと第2のレイヤ2ネットワークが共にIEEE802.1Qで定められたVLAN(IEEE802.1Q Virtual LAN)で運用されるレイヤ2ネットワークであって、物理インターフェース又は論理インターフェースをポートと呼ぶとき、MPLSコネクションは、第1のVLANを収容する論理的なポートから第2のVLANを収容する論理的なポートに対して確立されることを特徴とする付記9に記載の中継方法。

【0257】(付記19)前記公衆網は、MPLS網であることを特徴とする付記11に記載の中継方法。

(付記20)前記フレームは、MACフレームであることを特徴とする付記11に記載の中継方法。

【0258】

【発明の効果】本発明により、VPNで接続するユーザネットワーク間を既存MPLS網で構築し、エッジノードとして本発明のエッジノードで置き換えることで、レイヤ2のVPNを構築することができ、中継ブリッジ中継送信元M

ACによるアドレス学習、宛先MACによる経路決定、宛先MAC未決定時のVPN内での同報が行えており、レイヤ2でのVPNが構築できる。

【0259】また、フォワーディングプレーンの処理が、フレーム中の固定長のパラメタによりテーブルを参照して方路決定及びヘッダ付加削除を行う単純な処理であり、高速化がし易い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレイヤ2-VPN実現システム及びエッジノードの第1の実施形態の構成（その1）である。

【図2】本発明のレイヤ2-VPN実現システム及びエッジノードの第1の実施形態の構成（その2）である。

【図3】本発明の第2の実施形態のレイヤ2-VPN実現装置及びエッジノードの構成（その1）である。

【図4】本発明の第2の実施形態のレイヤ2-VPN実現装置及びエッジノードの構成（その2）である。

【図5】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その1）である。

【図6】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その2）である。

【図7】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その3）である。

【図8】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その4）である。

【図9】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その5）である。

【図10】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その6）である。

【図11】本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その7）である。

【図12】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その1）である。

【図13】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その2）である。

【図14】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その3）である。

【図15】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その4）である。

【図16】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その5）である。

【図17】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その6）である。

【図18】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その7）である。

【図19】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その8）である。

【図20】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その9）である。

【図21】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その10）である。

【図22】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その11）である。

【図23】第1の実施形態に対応する具体例を示した図（その12）である。

【図24】第1の実施形態の具体例のLSP作成までのシーケンスを示す図である。

【図25】フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その1）である。

【図26】フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その2）である。

【図27】VPN接続LSP20作成時にフォワーディングプレーン上に作成するラベルテーブル10である。

【図28】制御プレーンに作成するLSP逆変換テーブル25である。

【図29】図12のVPN構築のために作成したエッジ接続LSP1及びVPN接続LSP20である。

【図30】第2の実施形態の具体例のLSP作成までのシーケンスを示す図である。

【図31】フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その1）である。

【図32】フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その2）である。

【図33】第3の実施形態の具体例におけるLSP作成までのシーケンスを示す図である。

【図34】フレームフォワーディングのシーケンスを表す図（その1）である。

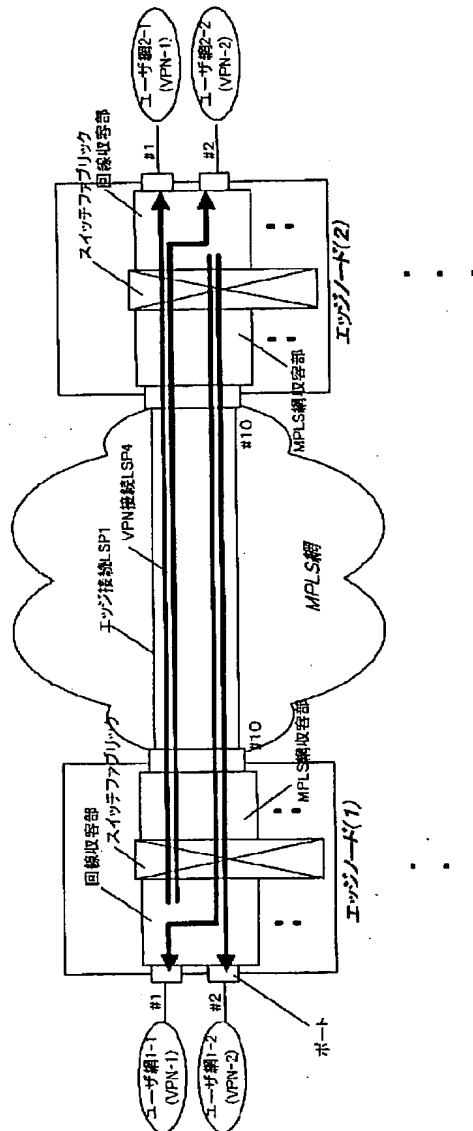
【図35】フレームフォワーディングのシーケンスを表す図（その2）である。

#### 【符号の説明】

- |      |               |
|------|---------------|
| 1    | エッジ接続LSP      |
| 2    | エッジノード管理テーブル  |
| 3    | VPN定義テーブル     |
| 4、20 | VPN接続LSP      |
| 5、30 | VPN管理テーブル     |
| 6、21 | L2経路テーブル      |
| 7、22 | L2フォワーディング手段  |
| 8    | 経路登録手段        |
| 9    | ラベル付加手段       |
| 10   | ラベルテーブル       |
| 11   | ラベルフォワーディング手段 |
| 12   | VPN内同報手段      |
| 23   | 入口経路登録手段      |
| 25   | LSP逆変換テーブル    |
| 26   | 経路登録確認手段      |
| 27   | 出口経路登録手段      |

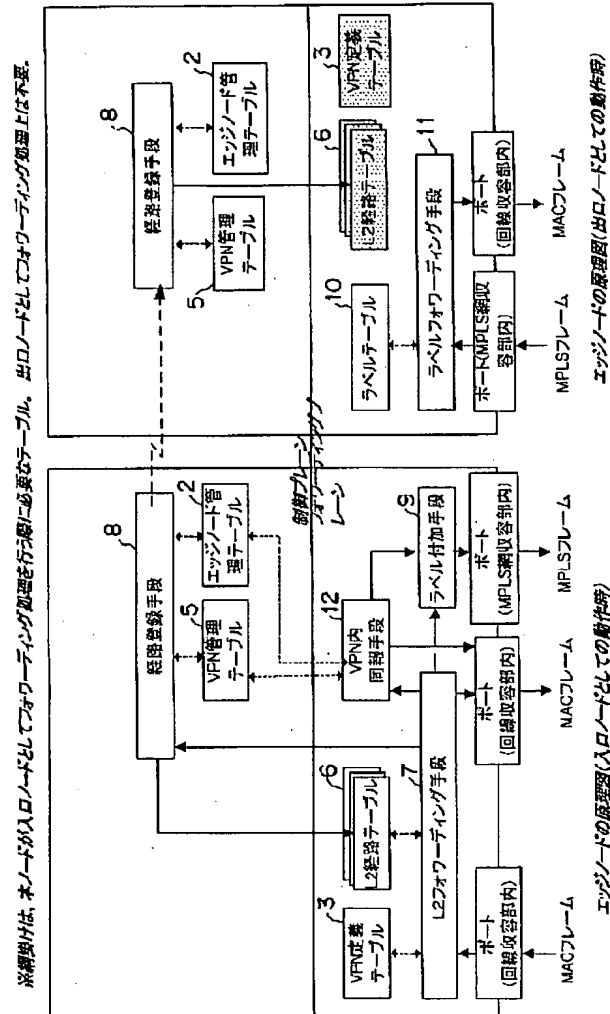
【図1】

本発明のレイヤ2-VPN実現システム及エッジノードの  
第1の実施形態の構成（その1）



【図2】

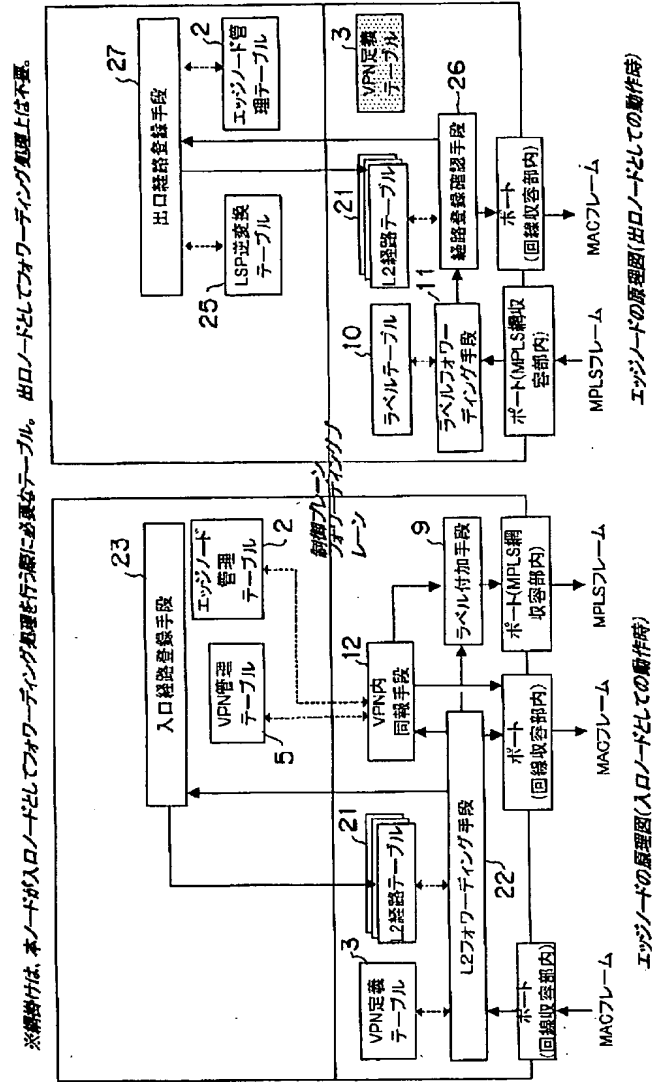
本発明のレイヤ2-VPN実現システム及びエッジノードの  
第1の実施形態の構成(その2)



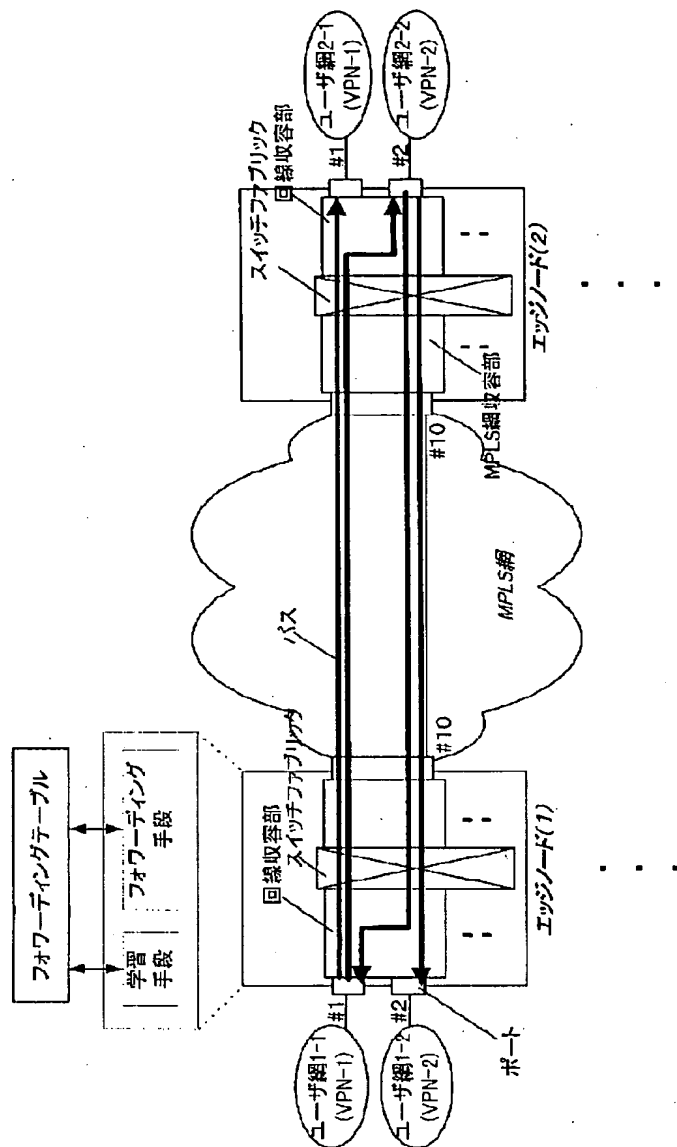


【図4】

本発明の第2の実施形態のレイヤ2-VPN実現装置  
及びエッジノードの構成 (その2)



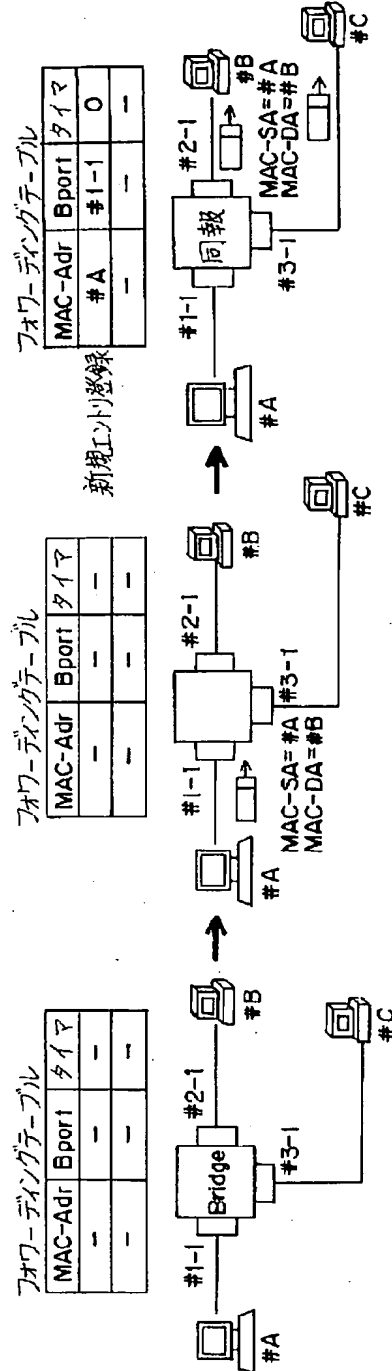
本発明の実施形態における学習機能を説明する図(その1)





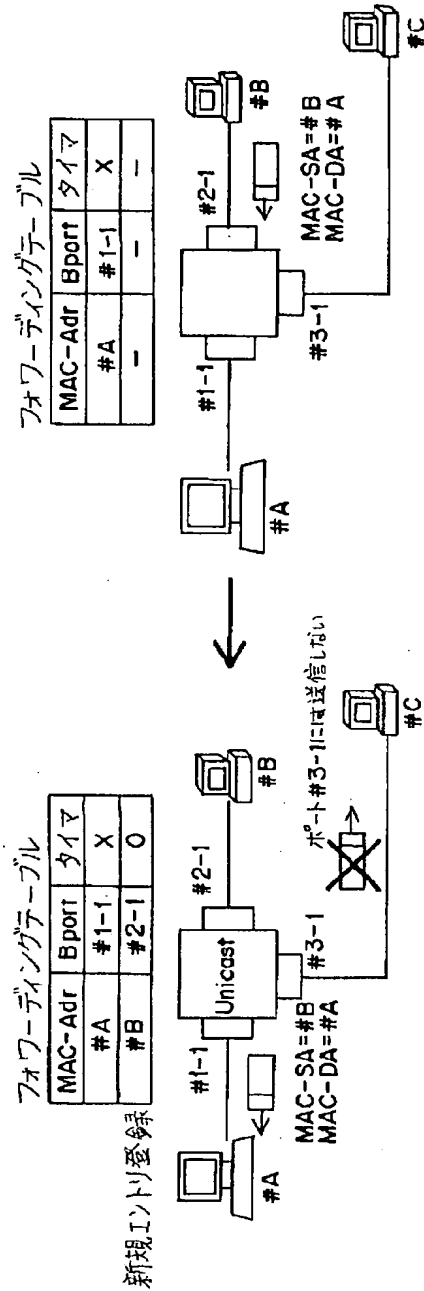
【図6】

本発明の実施形態における学習機能を説明する図(その2)



【図7】

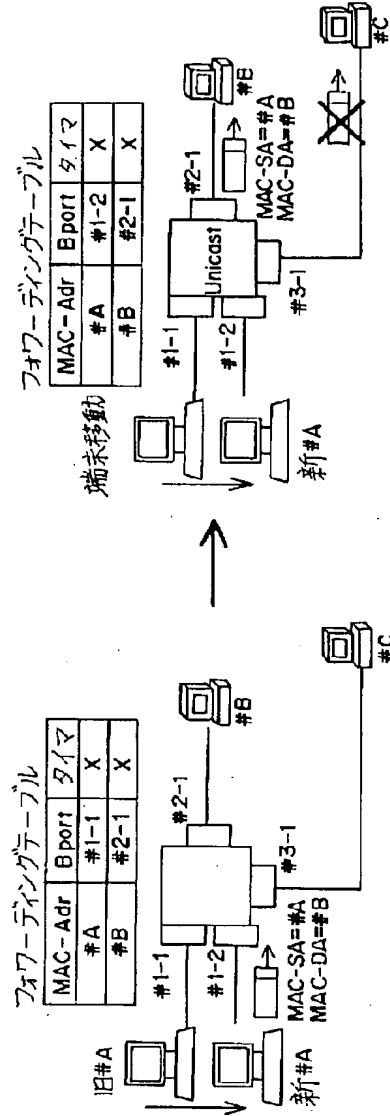
本発明の実施形態における学習機能を説明する図(その3)



※ 図中 X は、エントリ登録後経過した時間を表す

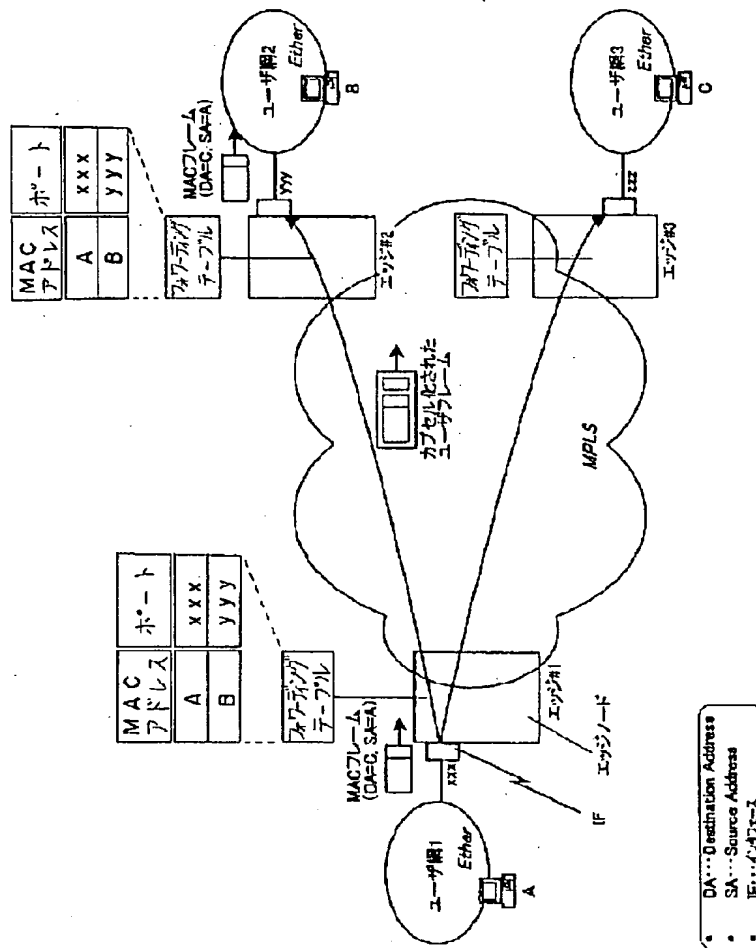
【図8】

本発明の実施形態における学習機能を説明する図(その4)



※図中Xは、エントリ登録後経過した時間を表す

本発明の実施形態における学習機能を説明する図(その5)



第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その6)

エッジノード B→A

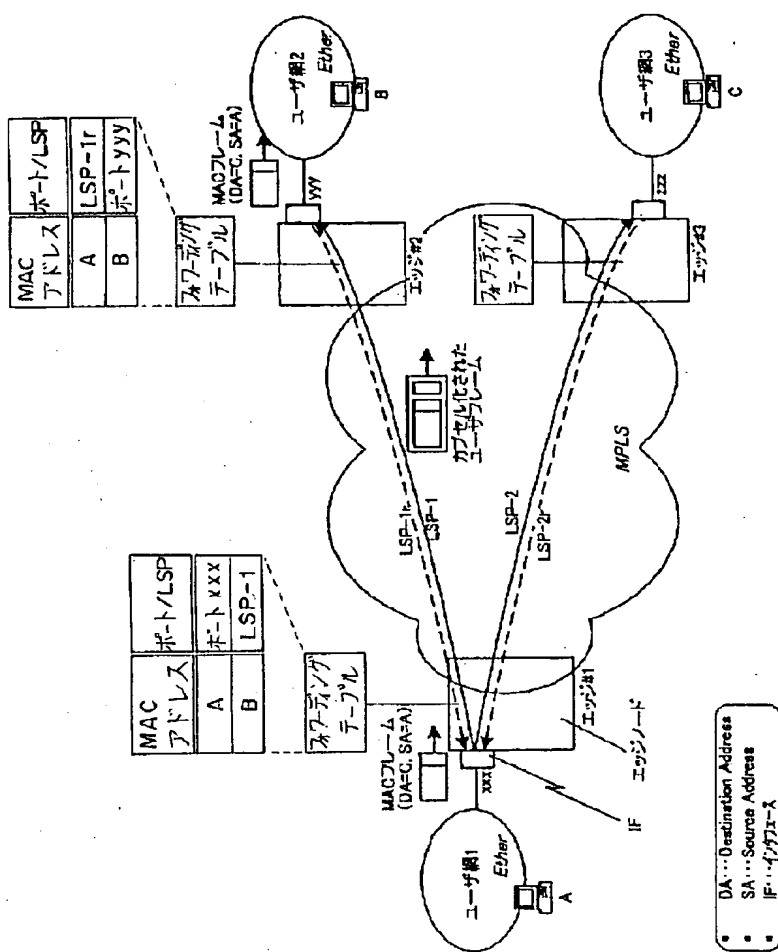
ポート	VPN の識別子	該ポートにアサインした VPN 接続 LSP への送信用ラベル	自ノードのレイヤ 3 アドレス
#2	200	B200-2-2	B

エッジノード B→C

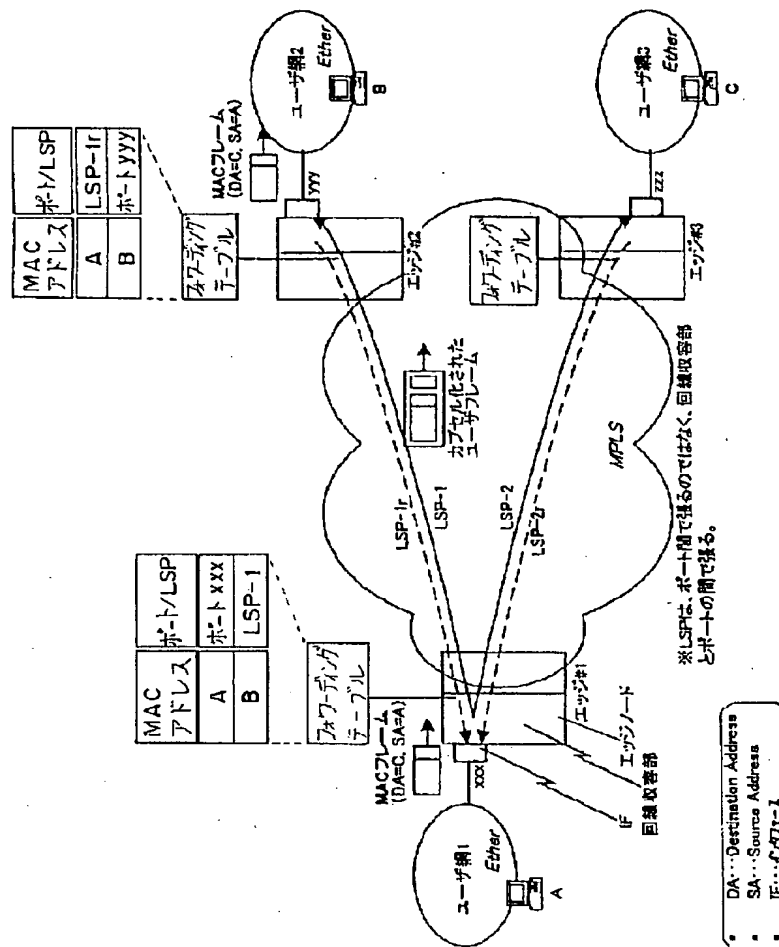
#2	200	B200-2-2	B
----	-----	----------	---

【図10】

本発明の実施形態における学習機能を説明する図(その6)

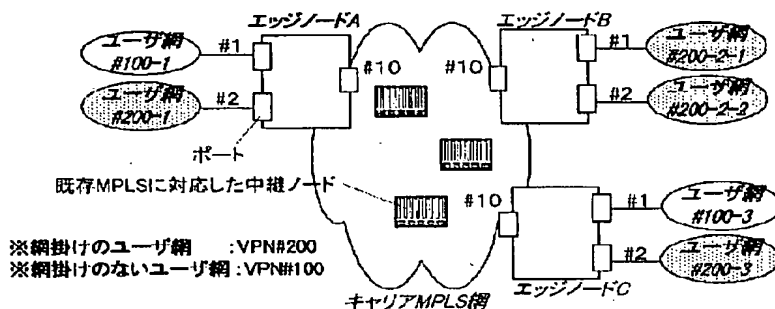


本発明の実施形態における学習機能を説明する図（その7）



【図12】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その1)



【図13】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その2)

エッジノードA内

出口ノードのレイヤ3アドレス	送信用ラベル	出力ポート
B	ab1	#10
C	ac1	#10

エッジノードB内

A	ba1	#10
C	bc1	#10

エッジノードC内

A	ca1	#10
B	cb1	#10

【図15】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その4)

MPLS 中継ノード ab1

受信ラベル	ラベル操作	送信用ラベル	出力ポート
Ab1	ラベル置換	ab2	#1

MPLS 中継ノード ab2

Ab2	ラベル削除	(null)	#1
-----	-------	--------	----

MPLS 中継ノード ba1

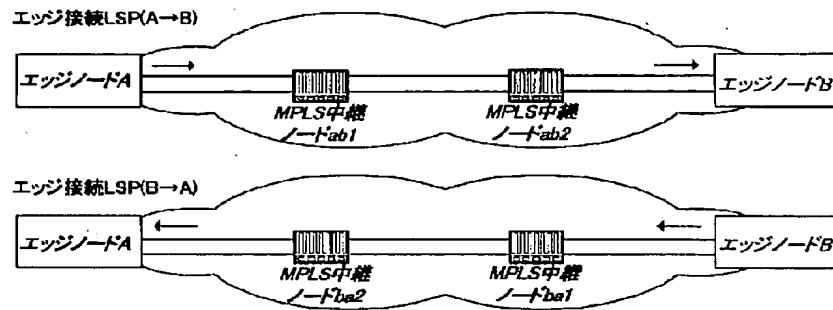
Ba1	ラベル置換	ba2	#1
-----	-------	-----	----

MPLS 中継ノード ba1

Ba2	ラベル削除	(null)	#1
-----	-------	--------	----

【図14】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その3)



【図16】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その5)

エッジノード A 内	
ポート	VPN
#1	100
#2	200
エッジノード B 内	
#1	200
#2	200
エッジノード C 内	
#1	100
#2	200

【図21】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その10)

エッジノード A					
VPN識別子	宛先 MAC	VPN 接続 LSP への送信ラベル	エッジ接続 LSP への送信ラベル	ラベル操作	出力ポート
200	00:bb:aa:00:00:02	(null)	(null)	なし	#1
エッジノード B					
200	00:bb:aa:00:00:02	A200-1-2	ba1	A200-1-2, ba1 のラベルを付加	#10
エッジノード C					
200	00:bb:aa:00:00:02	A200-1-2	ca1	A200-1-2, ca1 のラベルを付加	#10



【図18】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その7)

エッジノードA

VPNの識別子	出口ノードのレイヤ3アドレス	出力ポート	VPN接続LSPへの送信用ラベル
100	A	#1	(null)
100	C	#1	C100-3-1
200	A	#2	(null)
200	B	#1	B200-2-1
200	B	#2	B200-2-2
200	C	#2	C200-3-2

エッジノードB

100	A	#1	A100-1-1
100	C	#1	C100-3-1
200	A	#2	A200-1-2
200	B	#1	(null)
200	B	#1	(null)
200	C	#2	C200-3-2

エッジノードC

100	A	#1	A100-1-1
100	C	#1	A100-1-1
200	A	#2	A200-1-2
200	B	#1	B200-2-1
200	B	#2	B200-2-2
200	C	#2	A100-1-1

※図中の網掛けは、図15の通知内容により登録されたエントリであることを示す。

【図19】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その8)

エッジノードA

受信ラベル	ラベル操作	送信用ラベル	出力ポート
A100-1-1	ラベル削除	(null)	#1
A200-1-2	ラベル削除	(null)	#2

エッジノードB

B200-2-1	ラベル削除	(null)	#1
B200-2-2	ラベル削除	(null)	#2

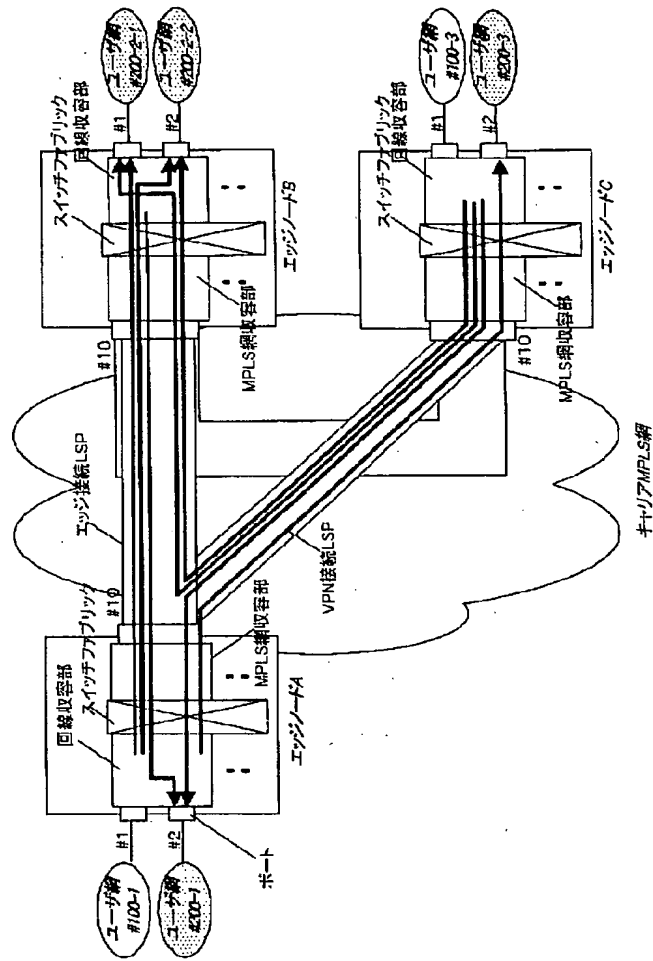
エッジノードC

C100-3-1	ラベル削除	(null)	#1
C100-3-2	ラベル削除	(null)	#2

※図中の網掛けは、図17の通知内容により登録されたエントリであることを示す。

【図20】

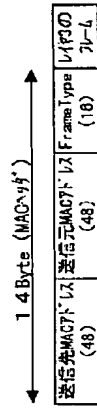
第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その9)



【図22】

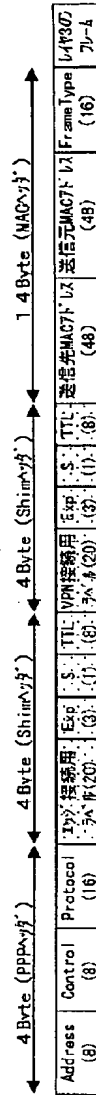
## 第1の実施形態に対する具体例を示した図（その11）

(a) ユーザが送信したMACフレームのフォーマット

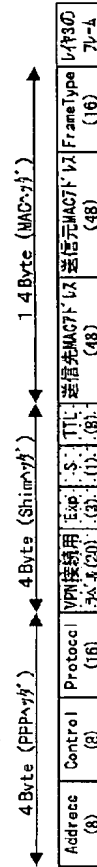


図中の括弧つき数字は、  
フィールドのビット幅を示す。

(b) 上記 (a) のMACフレームにShimを2つつけてPPPのリンクに送信するときのフレームフォーマット



(c) 上記 (b) のフレームの先頭の (=1段目の) Shimヘッダを除去したときのフレームフォーマット



【図23】

第1の実施形態に対応する具体例を示した図(その12)

エッジノードA

VPN識別子	宛先 MAC	VPN 接続 LSP への送信信用ラベル	エッジ接続 LSP への送信信用ラベル	ラベル操作	出力ポート
200	00:bb:aa:00:00:02	(null)	(null)	なし	#1
200	00:aa:bb:00:00:01	B200-2-1	ab1	B200-2-1、ab1 のラベルを付加	#10

エッジノードB

200	00:bb:aa:00:00:02	A200-1-2	ba1	A200-1-2、ba1 のラベルを付加	#10
200	00:aa:bb:00:00:01	(null)	(null)	なし	#1

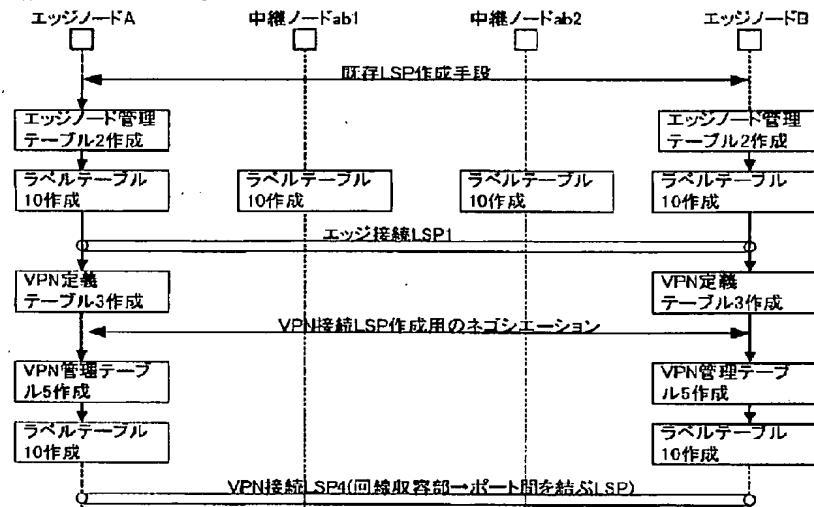
エッジノードC

200	00:bb:aa:00:00:02	A200-1-2	ca1	A200-1-2、ca1 のラベルを付加	#10
200	00:aa:bb:00:00:01	B200-2-1	cb1	A200-1-2、cb1 のラベルを付加	#10

【図24】

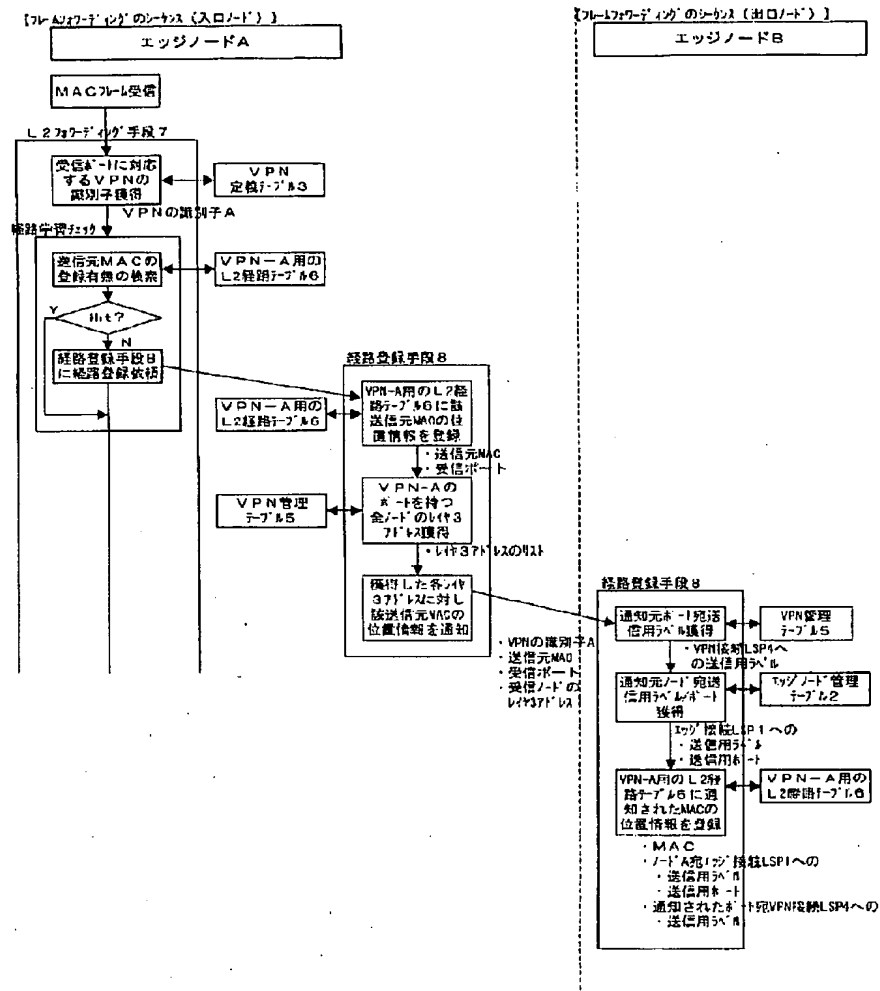
第1の実施形態の具体例のLSP作成までのシーケンスを示す図

【LSP作成までのシーケンス】

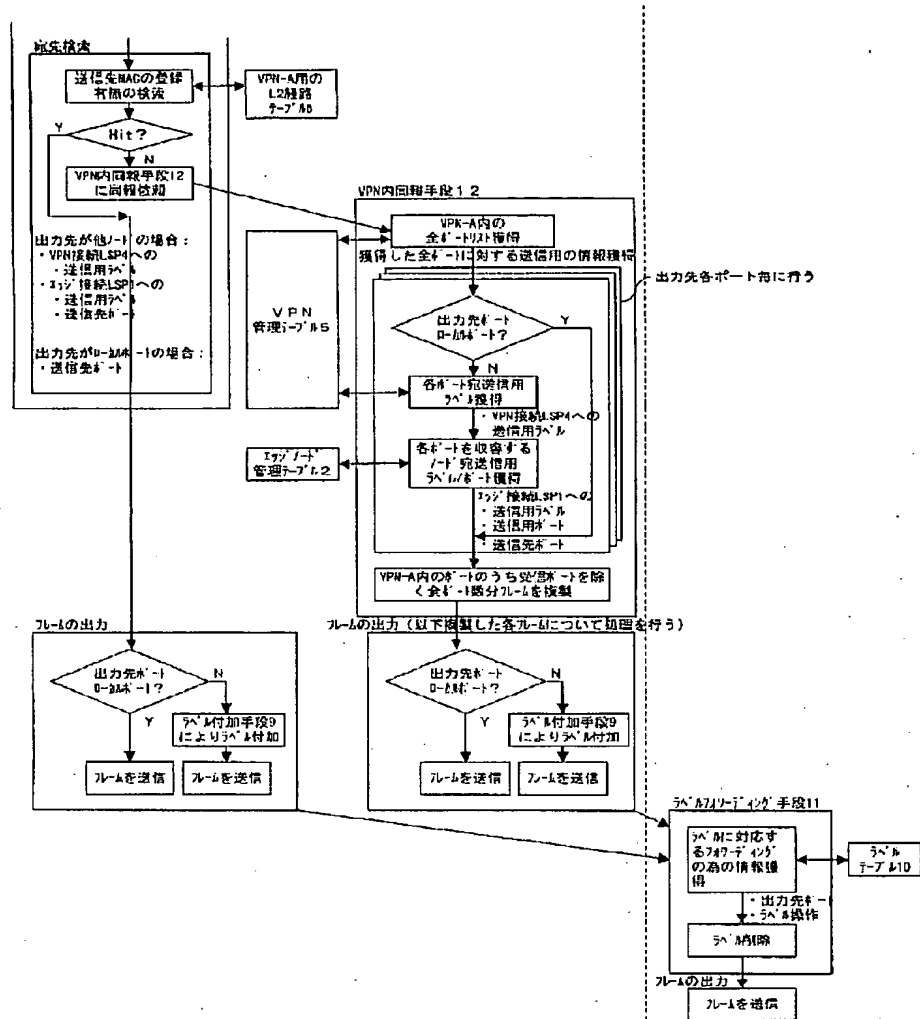


【図25】

## フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その1）



フレームフォワードイングのシーケンスを示す図（その2）



【図27】

VPN接続LSP20作成時にマワディングプレーン上に作成する  
ラベルテーブル10

## エッジノードA

受信ラベル	ラベル操作	送信用ラベル	出力ポート	VPNの識別子
AB200-12-21	ラベル削除	(null)	#2	#200
AB200-12-22	ラベル削除	(null)	#2	#200
AC200-12-32	ラベル削除	(null)	#2	#200

## エッジノードB

AB200-12-21	ラベル削除	(null)	#1	#200
AB200-12-22	ラベル削除	(null)	#2	#200
BC200-21-12	ラベル削除	(null)	#1	#200
BC200-22-12	ラベル削除	(null)	#2	#200

## エッジノードC

BC200-21-12	ラベル削除	(null)	#1	#200
BC200-22-12	ラベル削除	(null)	#2	#200

【図28】

制御プレーンに作成するLSP逆変換テーブル25

## エッジノードA

受信ラベル	逆方向のVPN接続 LSP120への送信用ラベル	逆方向のエッジ接続LSP への送信用ラベル	出力ポート
AB200-12-21	AB200-12-21	ab1	#10
AB200-12-22	AB200-12-22	ab1	#10
AC200-12-32	AC200-12-32	ac1	#10

## エッジノードB

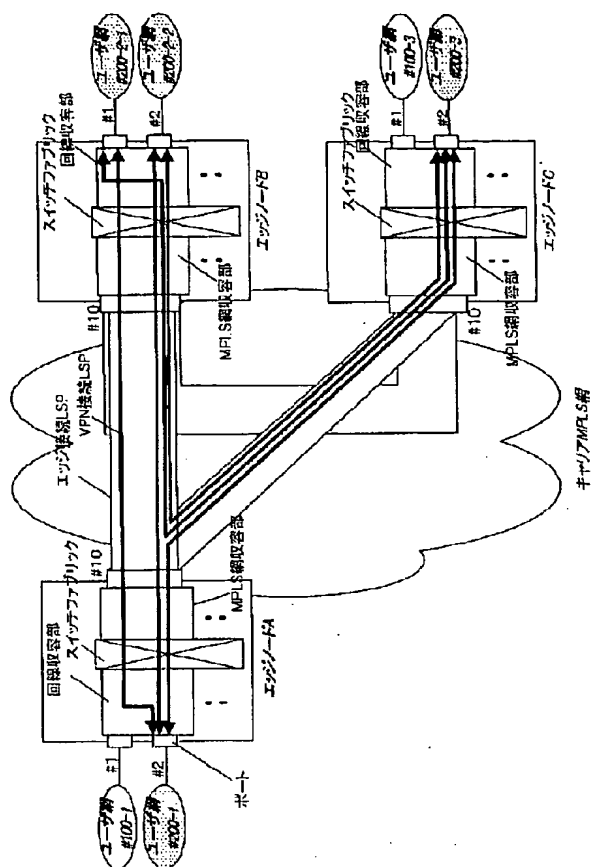
AB200-12-21	AB200-12-21	ba1	#10
AB200-12-22	AB200-12-22	ba1	#10
BC200-21-12	BC200-21-12	bc1	#10
BC200-22-12	BC200-22-12	bc1	

## エッジノードC

BC200-21-12	BC200-21-12	cb1	#10
BC200-22-12	BC200-22-12	cb1	#10

【図29】

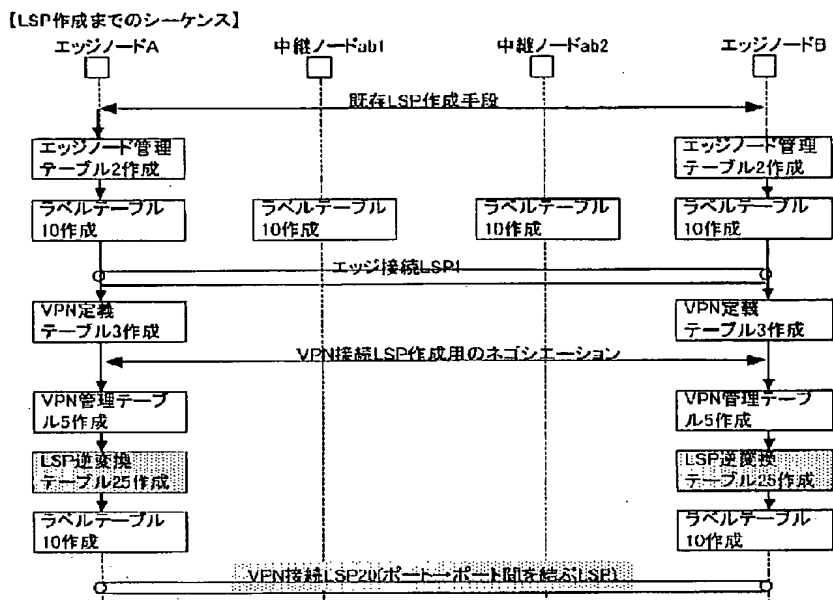
図12のVPN構築のために作成したエッジ接続LSP1及びVPN接続LSP20





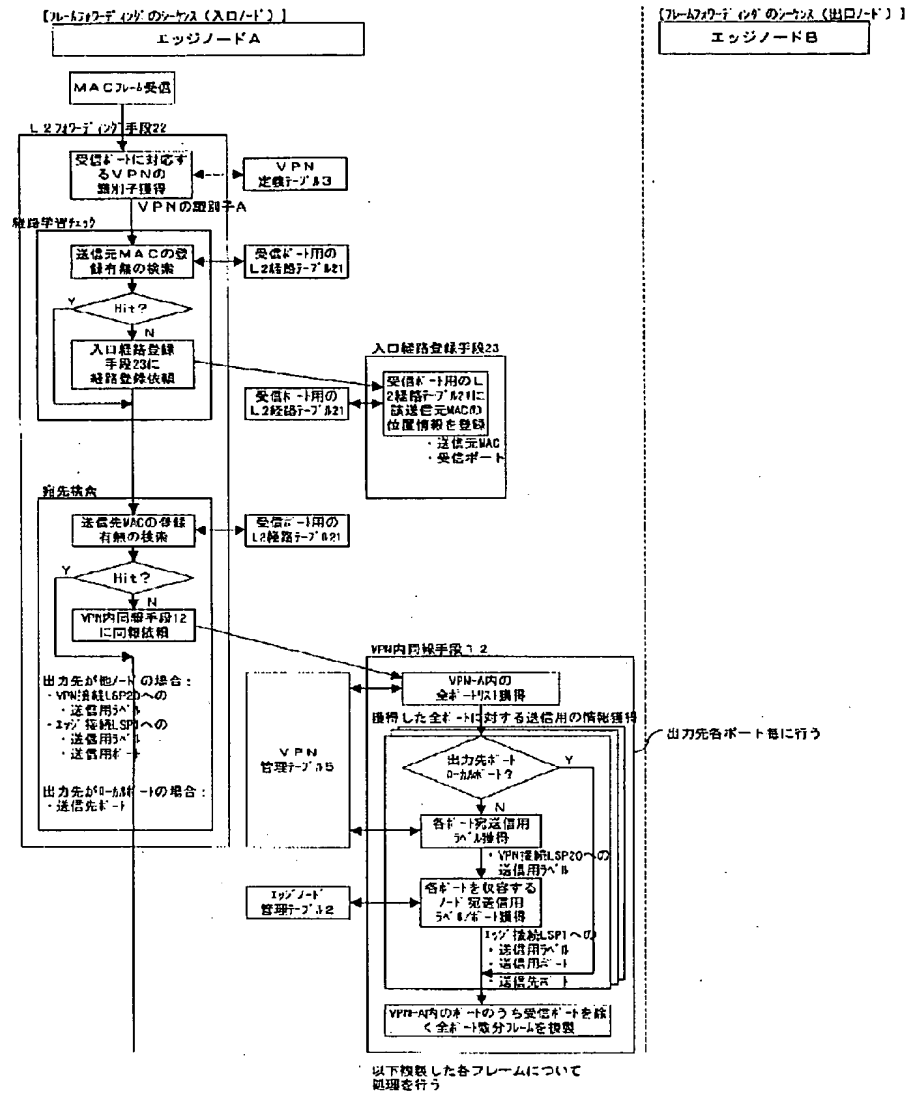
【図30】

第2の実施形態の具体例のLSP作成までのシーケンスを示す図

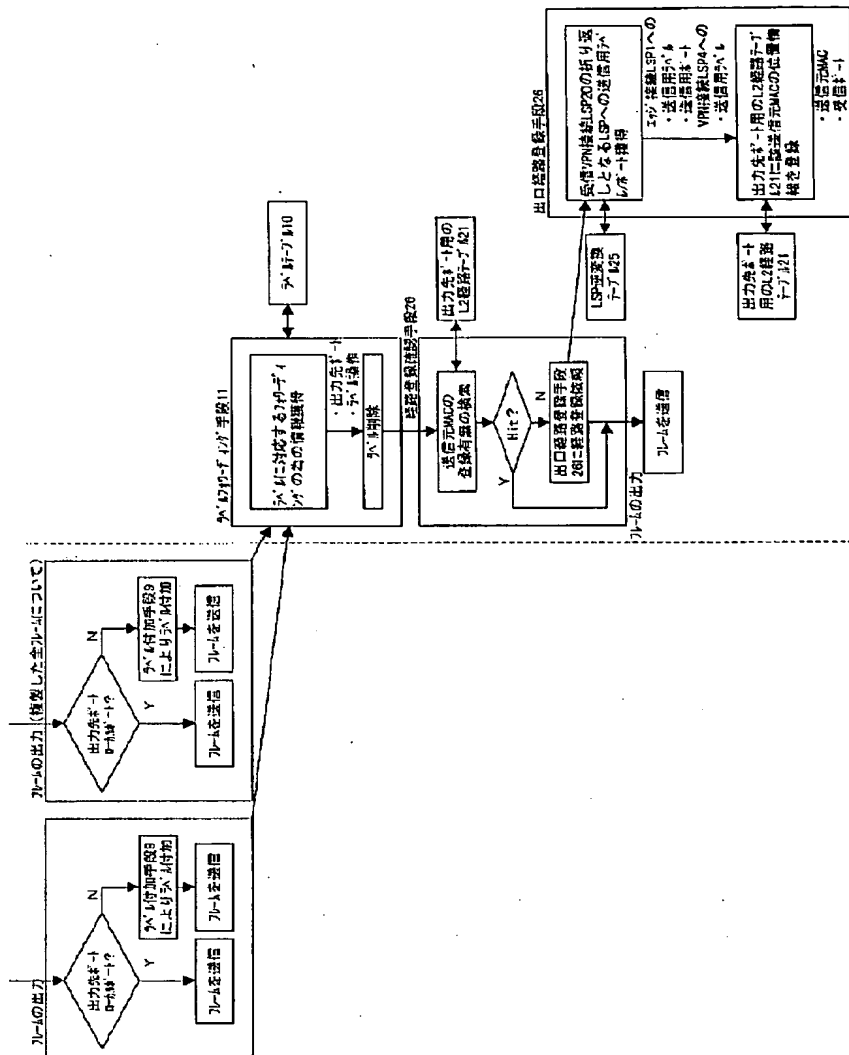


【図31】

## フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その1）



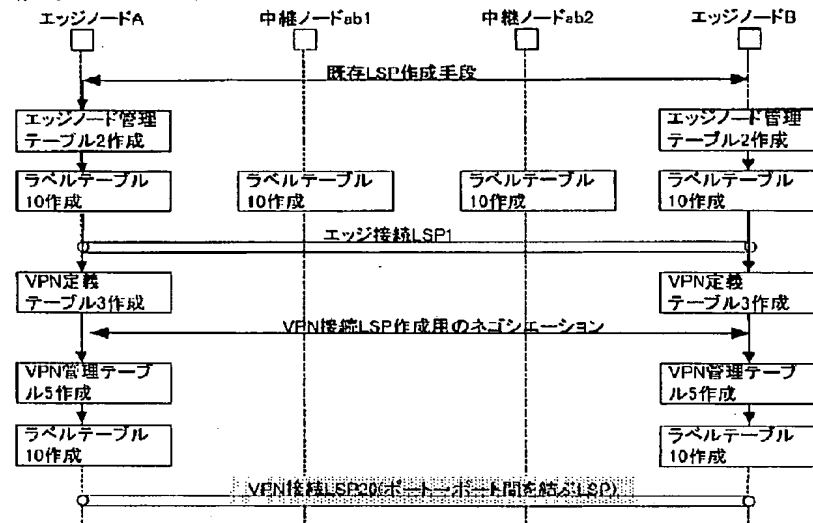
フレームフォワーディングのシーケンスを示す図（その2）



【図33】

第3の実施形態の具体例におけるLSP作成までのシーケンスを示す図

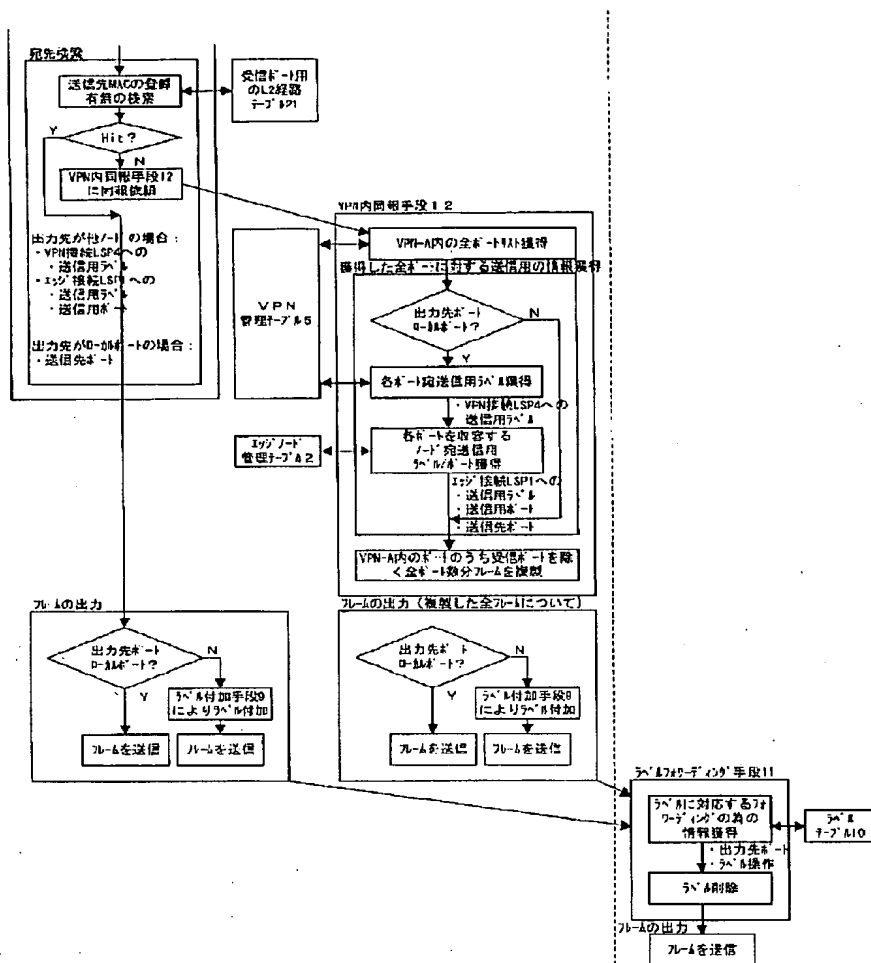
【LSP作成までのシーケンス】



フレームフォワードイングのシーケンスを表す図（その1）



フレームフォワーディングのシーケンスを表す図（その2）



F ターム (参考)

5K030	GA04	HA08	HC14	HD03	JT03
	LB05				
5K033	AA09	CC01	DA01	DA05	DB19
5K034	AA02	AA20	DD03	EE10	HH01
	HH02	LL02			